

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА**  
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»  
**СТИ НИТУ «МИСИС»**

Рабочая программа утверждена  
решением Ученого совета  
СТИ НИТУ «МИСИС»  
от «23» июня 2026 г.  
протокол № 38

## **Рабочая программа дисциплины** **Моделирование процессов и систем**

|                         |                                                                                                |                                           |  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--|
| Закреплена за кафедрой  | <b><u>Кафедра автоматизированных и информационных систем управления</u></b>                    |                                           |  |
| Направление подготовки  | 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств                                 |                                           |  |
| Профиль                 | Автоматизация технологических процессов и производств<br>(горно-металлургическое производство) |                                           |  |
| Квалификация            | <b><u>Бакалавр</u></b>                                                                         |                                           |  |
| Форма обучения          | <b><u>Очная</u></b>                                                                            |                                           |  |
| Общая трудоемкость      | <b><u>6</u> ЗЕТ</b>                                                                            |                                           |  |
| Часов по учебному плану | <u>216</u>                                                                                     | Формы контроля в семестрах:<br>экзамен, 5 |  |
|                         | в том числе:                                                                                   |                                           |  |
| аудиторные занятия      | <u>34</u>                                                                                      |                                           |  |
| самостоятельная работа  | <u>74</u>                                                                                      |                                           |  |
| часов на контроль       | 36                                                                                             |                                           |  |

### **Распределение часов дисциплины по семестрам**

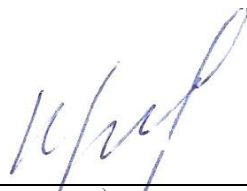
| Семестр           | 5   |     | Итого |     |
|-------------------|-----|-----|-------|-----|
| Вид занятий       | УП  | РП  | УП    | РП  |
| Лекции            | 34  | 34  | 34    | 34  |
| Практические      | 17  | 17  | 17    | 17  |
| Контактная работа | 51  | 51  | 51    | 51  |
| Сам. работа       | 129 | 129 | 129   | 129 |
| Часы на контроль  | 36  | 36  | 36    | 36  |
| Итого:            | 216 | 216 | 216   | 216 |

Год набора 2026.

Программу составил:

Доцент каф. АИСУ им. Ю.И. Ерёменко, кандидат  
технических наук, доцент Кривоносов Владимир  
Алексеевич

*Должность, уч. ст., уч. зв. ФИО полностью*

---

*подпись*

Рабочая программа дисциплины

Моделирование процессов и систем

*наименование*

Разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ МИСИС:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки  
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств (приказ от 25.11.21 г. № 465 о.в.)

**Составлена на основании учебного плана 2026 года набора.**

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль: Автоматизация технологических процессов и производств (горно-металлургическое  
производство), утвержденного Ученым советом СТИ НИТУ «МИСИС» **23.06.2026 г., протокол № 38.**

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Автоматизированные и информационные системы управления им. Ю.И. Ерёменко

Протокол от **«22» июня 2026 г.** № 6

И. о. зав. кафедрой АИСУ им. Ю.И. Ерёменко

---

*подпись*

Д. А. Полещенко

**«22» июня 2026 г.**

Руководитель ОПОП ВО

И. о. зав. кафедрой АИСУ им. Ю.И. Ерёменко,  
кандидат технических наук, доцент

---

*подпись*

Д. А. Полещенко

**«22» июня 2026 г.**

| 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>Цель освоения дисциплины – базовая теоретическая и практическая подготовка обучающихся в области теории и практики моделирования технологических процессов, контуров автоматического контроля и управления; формирование у студентов знаний, умений и навыков построения функциональных и структурных схем систем контроля и управления, разработки математических моделей динамических систем, анализа наблюдаемости и управляемости систем с целью повышения эффективности процессов контроля и управления.</p> <p>Задачи изучения дисциплины:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Научить обучающихся выполнять анализ объектов автоматизации на основе изучения технологической документации, обследования производств с целью повышения эффективности контроля и управления технологическими процессами.</li> <li>2. Ознакомить обучающихся с формами моделей, сферами их применения, задачами, решаемыми с использованием моделей в области автоматизации технологических процессов и производств.</li> <li>3. Ознакомить обучающихся с типовыми математическими моделями технологических объектов горно-металлургических производств.</li> <li>4. Научить обучающихся выбирать формы математических моделей и методы их построения для решения задач анализа и синтеза систем автоматизированного контроля и управления.</li> <li>5. Научить обучающихся разрабатывать математические модели в рамках теоретико-аналитического подхода.</li> <li>6. Научить обучающихся разрабатывать математические модели технологических объектов с использованием методов идентификации систем.</li> <li>7. Научить обучающихся планировать и проводить эксперименты на реальных объектах с целью получения данных для реализации статистических методов оценки параметров математических моделей.</li> <li>8. Научить обучающихся преобразовывать математические модели динамических систем из одной формы в другую, выбирать ту форму, которая наиболее целесообразна для решения конкретных задач анализа и синтеза систем.</li> <li>9. Научить обучающихся оценивать наблюдаемость и управляемость динамических систем, разрабатывать наблюдатели состояния.</li> <li>10. Научить обучающихся использовать прикладные программы для имитационного моделирования производственных процессов на ЭВМ.</li> </ol> |  |

| 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ |                                                                                                     |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цикл (раздел) ОП:                              | Б1.О                                                                                                |
| 2.1                                            | <b>Требования к предварительной подготовке обучающихся:</b>                                         |
| 2.1.1                                          | Математика                                                                                          |
| 2.1.2                                          | Физика                                                                                              |
| 2.1.3                                          | Химия                                                                                               |
| 2.1.4                                          | Электротехника                                                                                      |
| 2.1.5                                          | Теория управления                                                                                   |
| 2.1.6                                          | Алгоритмизация и программирование задач управления                                                  |
| 2.2                                            | <b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:</b> |
| 2.2.1                                          | Проектирование систем управления                                                                    |
| 2.2.2                                          | Теория принятия решений                                                                             |
| 2.2.3                                          | Проектный практикум                                                                                 |
| 2.2.4                                          | Инструментальные средства моделирования и проектирования                                            |
| 2.2.5                                          | Интеллектуальные системы управления                                                                 |
| 2.2.6                                          | Производственная практика (преддипломная)                                                           |
| 2.2.7                                          | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы                            |

| 3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>УК-1: Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач.</b> |                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Знать:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                       | УК-1: 3-1: Знать основные категории технологических процессов горно-металлургических производств; УК-1: 3-2: Знать типовые математические модели гидродинамических, тепловых и электромеханических процессов |
| <b>Уметь</b>                                                                                                                                                                                                                                                                        | УК-1: У-1: Уметь выбирать структуру и оценивать параметры математической модели основных категорий технологических процессов горно-металлургических производств;                                             |
| <b>Владеть навыком</b>                                                                                                                                                                                                                                                              | УК-1: В-1: Владеть навыком определения структуры и параметров типовых математических моделей технологических объектов                                                                                        |
| <b>ОПК-2: Способность применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации при решении задач профессиональной деятельности.</b>                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                              |

|                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Знать:</b>                                                                                                                                   | ОПК-2: 3-1: Знать формы моделей, основные подходы к их построению и исследованию;<br>ОПК-2: 3-2: Знать современные информационные технологии, прикладные программные средства для решения задач моделирования.<br>ОПК-2: 3-3: Знать методы статистического оценивания параметров математических моделей.                                                                                                        |
| <b>Уметь:</b>                                                                                                                                   | ОПК-2: У-1: Уметь выбирать рациональные подходы к исследованию систем управления на основе использования математических моделей;<br>ОПК-2: У-2: Уметь использовать прикладные программы для анализа и синтеза систем контроля и управления на основе математических моделей.<br>ОПК-2: У-3: Уметь выполнять анализ наблюдаемости и управляемости динамических систем на основе модели в пространстве состояний. |
| <b>Владеть навыком:</b>                                                                                                                         | ОПК-2: В-1: Владеть навыками построения математических моделей технологических объектов и элементов контуров автоматического контроля и управления;<br>ОПК-2: В-2: Владеть навыками выполнения имитационного моделирования различных режимов работы системы, определения и анализа качества функционирования системы.                                                                                           |
| <b>ОПК-13: Способность применять стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов и производств</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Знать:</b>                                                                                                                                   | ОПК-13: 3-1: Знать методы прогнозирования и диагностики свойств систем автоматического регулирования на основе их математических моделей;<br>ОПК-13: 3-2: Знать средства диагностики состояния и динамики систем с использованием их моделей.                                                                                                                                                                   |
| <b>Уметь:</b>                                                                                                                                   | ОПК-13: У-1: Уметь решать задачи моделирования поведения систем автоматического управления в различных режимах при изменении задающих и возмущающих воздействий;<br>ОПК-13: У-2: Уметь проводить анализ показателей качества функционирования системы управления с использованием необходимых методов и программных средств моделирования.                                                                      |
| <b>Владеть навыком:</b>                                                                                                                         | ОПК-13: В-1: Владеть навыками обработки экспериментальных данных о функционировании объекта с использованием метода наименьших квадратов для определения параметров его математической модели;<br>ОПК-13: В-2: Владеть навыками использования пакета прикладных программ для идентификации объекта по результатам его нормальной эксплуатации.                                                                  |

| <b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ</b> |                                                                                        |                |                         |                                                        |                                         |                   |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| <b>Код занятия</b>               | <b>Наименование разделов и тем /вид занятия/</b>                                       | <b>Семестр</b> | <b>Количество часов</b> | <b>Компетенции</b>                                     | <b>Литература и электронные ресурсы</b> | <b>Примечание</b> |
|                                  | <b>Раздел 1</b><br><b>Общие сведения по моделированию процессов и систем</b>           | 5              |                         |                                                        |                                         |                   |
| 1.1                              | Основные термины и определения. Примеры различных форм моделей /лек/                   | 5              | 1                       | ОПК-13: 3-1<br>ОПК-2: 3-1                              | Л 1.1, Э 1, Э 2, Л 2.1<br>Л 3.1         | Устный опрос      |
| 1.2                              | Основные термины и определения. Примеры различных форм моделей /сп/                    | 5              | 2                       | ПК-13: 3-1<br>ОПК-2: 3-1                               | Л 1.1, Э1<br>Э 2, Л 3.1<br>Л 3.2        | Устный опрос      |
| 1.3                              | Применение моделей в различных сферах деятельности. Требования к моделям /лек/         | 5              | 1                       | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: У-1<br>УК-1: 3-2<br>ОПК-2: 3-1   | Л 1.3, Э 1<br>Э 2, Л 2.1<br>Л 3.1       | Устный опрос      |
| 1.4                              | Применение моделей в различных сферах деятельности. Требования к моделям /сп/          | 5              | 4                       | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: У-1<br>УК-1: 3-2<br>ОПК-2: 3-1   | Л 1.3, Э 1<br>Э 2, Л 2.1<br>Л 3.1       | Устный опрос      |
| 1.5                              | Использование моделирования при решении задач анализа и синтеза систем управления/лек/ | 5              | 1                       | ОПК-13: У-1<br>ОПК-13: 3-1<br>ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: У-2 | Л 1.2, Э 1<br>Э 2, Л 2.2<br>Л 3.1       | Устный опрос      |
| 1.6                              | Использование моделирования при решении задач анализа и синтеза систем управления/сп/  | 5              | 4                       | ОПК-13: У-1<br>ОПК-13: 3-1<br>ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: У-2 | Л 1.2, Э 1<br>Э 2, Л 2.2<br>Л 3.1       | Устный опрос      |
|                                  | <b>Раздел 2</b><br><b>Классификация моделей</b>                                        | 5              |                         |                                                        |                                         |                   |
| 2.1                              | Физические (материальные модели). Классификация физических моделей/лек/                | 5              | 1                       | ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: 3-1                              | Л 1.1<br>Л 1.2<br>Л 3.1                 | Устный опрос      |
| 2.2                              | Физические (материальные модели). Классификация физических моделей/сп/                 | 5              | 2                       | ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: 3-1                              | Л 1.1<br>Л 1.2<br>Л 3.1                 | Устный опрос      |

|     |                                                                                                              |   |     |                                                       |                                              |              |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------|
| 2.3 | Символьные (абстрактные) модели. Символы и грамматика /лек/                                                  | 5 | 1   | ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: 3-1                             | Л 1.1<br>Л 1.2<br>Л 3.1                      | Устный опрос |
| 2.4 | Символьные (абстрактные) модели. Символы и грамматика /ср/                                                   | 5 | 2   | ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: 3-1                             | Л 1.1<br>Л 1.2<br>Л 3.1                      | Устный опрос |
| 2.5 | Математические модели. Классификация математических моделей/лек/.                                            | 5 | 1   | ОПК-13: 3-2<br>УК-1: 3-2<br>ОПК-2: 3-1                | Л 1.2, Л 2.2<br>Л 1.3, Л 2.3<br>Л 3.1        | Устный опрос |
| 2.6 | Математические модели. Классификация математических моделей/пр/.                                             | 5 | 2   | ОПК-13: 3-2<br>УК-1: 3-2<br>ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: У-1 | Л 1.2, Л 2.2<br>Л 1.3, Л 2.3<br>Л 3.1        | Устный опрос |
| 2.7 | Математические модели. Классификация математических моделей/ср/.                                             | 5 | 2   | ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: 3-1                             | Л 1.2, Л 2.2<br>Л 1.3, Л 2.3<br>Л 3.1        | Устный опрос |
| 2.8 | Преимущества математических моделей перед физическими/лек/                                                   | 5 | 1   | ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: 3-1                             | Л 1.1, Л 1.3<br>Л 3.1, Л 2.1<br>Л 2.2        | Устный опрос |
| 2.9 | Преимущества математических моделей перед физическими/ср/                                                    | 5 | 2   | ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: 3-1                             | Л 1.1, Л 1.3<br>Л 3.1, Л 2.1<br>Л 2.2        | Устный опрос |
|     | <b>Раздел 3</b><br><b>Цели моделирования процессов и систем при решении задач автоматизации управления</b>   | 5 |     |                                                       |                                              |              |
| 3.1 | Цели моделирования в задачах управления технологическими объектами /лек/                                     | 5 | 1   | ОПК-2: У-2<br>ОПК-13: 3-1<br>ОПК-13: 3-2<br>УК-1: В-1 | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.3<br>Л 2.2        | Устный опрос |
| 3.2 | Цели моделирования в задачах управления технологическими объектами /ср/                                      | 5 | 4   | ОПК-2: У-2<br>ОПК-13: 3-1<br>ОПК-13: 3-2<br>УК-1: В-1 | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.3<br>Л 2.2        | Устный опрос |
| 3.3 | Цели моделирования в задачах управления организационно-экономическими объектами /лек/                        | 5 | 1   | ОПК-2: У-2<br>ОПК-13: 3-1<br>ОПК-13: 3-2              | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.3<br>Л 2.2        | Устный опрос |
| 3.4 | Цели моделирования в задачах управления организационно-экономическими объектами /ср/                         | 5 | 2   | ОПК-2: У-2<br>ОПК-13: 3-1<br>ОПК-13: 3-2              | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.3<br>Л 2.2        | Устный опрос |
| 3.5 | Классификация технологических объектов управления по характеру физико-химических процессов/лек/              | 5 | 1   | ОПК-2: У-2<br>ОПК-13: 3-1<br>ОПК-13: 3-2<br>УК-1: 3-1 | Л 1.3, Л 2.1<br>Л 2.2, Л 2.3<br>Л 3.1, Л 3.2 | Устный опрос |
| 3.6 | Классификация технологических объектов управления по характеру физико-химических процессов/пр/               | 5 | 2   | ОПК-13: 3-1<br>ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: У-2<br>УК-1: 3-1 | Л 1.3, Л 2.1<br>Л 2.2, Л 2.3<br>Л 3.1, Л 3.2 | Устный опрос |
| 3.7 | Классификация технологических объектов управления по характеру физико-химических процессов/ср/               | 5 | 4   | ОПК-13: 3-1<br>ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: У-2<br>УК-1: 3-1 | Л 1.3, Л 2.1<br>Л 2.2, Л 2.3<br>Л 3.1, Л 3.2 | Устный опрос |
|     | <b>Раздел 4</b><br><b>Математические модели статических и динамических (инерционных) объектов управления</b> | 5 |     |                                                       |                                              |              |
| 4.1 | Статические объекты. Формы математических моделей статических объектов/лек/                                  | 5 | 0.5 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-2                             | Л 1.1<br>Л 1.2, Л 2.2<br>Л 3.1, Л 3.3        | Устный опрос |
| 4.2 | Статические объекты. Формы математических моделей статических объектов/ср/                                   | 5 | 2   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-2                             | Л 1.1<br>Л 1.2, Л 2.2<br>Л 3.1, Л 3.3        | Устный опрос |
| 4.3 | Динамические объекты. Формы математических моделей динамических объектов/лек/.                               | 5 | 0.5 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-2                             | Л 1.3<br>Л 1.2, Л 2.2<br>Л 3.1, Л 3.3        | ДЗ 1         |
| 4.4 | Динамические объекты. Формы математических моделей динамических объектов/ср/.                                | 5 | 4   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-2                             | Л 1.3<br>Л 1.2, Л 2.2<br>Л 3.1, Л 3.3        | ДЗ 1         |

|      |                                                                                                                             |   |     |                                                                    |                                              |              |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------|
| 4.5  | Дифференциальное уравнение (ДУ). Физический смысл ДУ. Порядок построения ДУ, моделирующего поведение реального объекта/лек/ | 5 | 1   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-2                                          | Л 1.3<br>Л 1.2, Л 2.2<br>Л 3.1, Л 3.3        | ДЗ 1         |
| 4.6  | Дифференциальное уравнение (ДУ). Физический смысл ДУ. Порядок построения ДУ, моделирующего поведение реального объекта/ср/  | 5 | 4   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-2                                          | Л 1.3<br>Л 1.2, Л 2.2<br>Л 3.1, Л 3.3        | ДЗ 1         |
| 4.7  | Временные характеристики динамических процессов и систем. Их взаимосвязь/лек/                                               | 5 | 1   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-2                                          | Л 1.2<br>Л 1.2, Л 2.3<br>Л 3.1, Л 3.3        | ДЗ 1         |
| 4.8  | Временные характеристики динамических процессов и систем. Их взаимосвязь/пр/                                                | 5 | 2   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-2<br>ОПК-13: У-1                           | Л 1.2<br>Л 1.2, Л 2.3<br>Л 3.1, Л 3.3        | ДЗ 1         |
| 4.9  | Временные характеристики динамических процессов и систем. Их взаимосвязь/ср/                                                | 5 | 6   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: В-1                            | Л 1.2<br>Л 1.2, Л 2.3<br>Л 3.1, Л 3.3        | ДЗ 1         |
| 4.10 | Частотные характеристики динамических систем. Передаточные функции/лек/                                                     | 5 | 1   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-2                                          | Л 1.3, Л 1.2<br>Л 3.2, Л 2.3<br>Л 3.1, Л 3.3 | ДЗ 1         |
| 4.11 | Частотные характеристики динамических систем. Передаточные функции/ср/                                                      | 5 | 4   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: В-1                            | Л 1.3, Л 1.2<br>Л 3.2, Л 2.3<br>Л 3.1, Л 3.3 | ДЗ 1         |
|      | <b>Раздел 5</b><br><b>Основные подходы к построению математических моделей технологических объектов</b>                     | 5 |     |                                                                    |                                              |              |
| 5.1  | Теоретико-аналитический подход. Область применения, достоинства и недостатки/лек/                                           | 5 | 1   | ОПК-2: 3-1<br>УК-1: 3-2                                            | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л2.2<br>Л 3.1, Э 1    | Устный опрос |
| 5.2  | Теоретико-аналитический подход. Область применения, достоинства и недостатки/пр/                                            | 5 | 1   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: У-1<br>ОПК-2: В-1<br>ОПК-13: В-1<br>УК-1: У-1 | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л2.2<br>Л 3.1, Э 1    | Устный опрос |
| 5.3  | Теоретико-аналитический подход. Область применения, достоинства и недостатки/ср/                                            | 5 | 4   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: У-1<br>ОПК-2: В-1<br>УК-1: 3-2                | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л2.2<br>Л 3.1, Э 1    | Устный опрос |
| 5.4  | Экспериментально-статистический подход. Область применения, достоинства и недостатки/лек/                                   | 5 | 0.5 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: У-1                                           | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л2.2<br>Л 3.1, Э 1    | Устный опрос |
| 5.5  | Экспериментально-статистический подход. Область применения, достоинства и недостатки/ср/                                    | 5 | 2   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: У-1<br>ОПК-2: В-1                             | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л2.2<br>Л 3.1, Э 1    | Устный опрос |
| 5.6  | Комбинированный подход к построению математических моделей/лек/                                                             | 5 | 0.5 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: У-1                                           | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л2.2<br>Л 3.1, Э 1    | Устный опрос |
| 5.7  | Комбинированный подход к построению математических моделей/пр/                                                              | 5 | 1   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: У-1<br>ОПК-2: В-1<br>ОПК-13: В-1              | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л2.2<br>Л 3.1, Э 1    | Устный опрос |
| 5.8  | Комбинированный подход к построению математических моделей/ср/                                                              | 5 | 2   | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: У-1                                           | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л2.2<br>Л 3.1, Э 1    | Устный опрос |
|      | <b>Раздел 6</b><br><b>Типовые модели технологических процессов горно-металлургических производств</b>                       | 5 |     |                                                                    |                                              |              |
| 6.1  | Типовые модели гидродинамических процессов. Модель идеального мгновенного перемешивания/лек/                                | 5 | 1   | ОПК-4.1: 3-1<br>УК-1: 3-1, 3-2                                     | Л 1.3, Л2.1<br>Л 2.2, Л 2.3<br>Л3.2, Л 2.4   | Устный опрос |

|     |                                                                                                                  |   |   |                                                                       |                                                          |                          |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------|
| 6.2 | Типовые модели гидродинамических процессов. Модель идеального мгновенного перемешивания/пр/                      | 5 | 1 | ОПК-2: В-1<br>УК-1: 3-1, 3-2<br>УК-1: У-1, В-1                        | Л 1.3, Л2.1<br>Л 2.2, Л 2.3<br>Л3.2, Л 2.4               | Контрольн<br>ая работа 1 |
| 6.3 | Типовые модели гидродинамических процессов. Модель идеального мгновенного перемешивания/ср/                      | 5 | 4 | ОПК-2: В-1<br>УК-1: 3-1, 3-2<br>УК-1: У-1, В-1                        | Л 1.3, Л2.1<br>Л 2.2, Л 2.3<br>Л3.2, Л 2.4               | Контрольн<br>ая работа 1 |
| 6.4 | Типовые модели гидродинамических процессов. Модель поршневого вытеснения без перемешивания. Ячеечная модель/лек/ | 5 | 1 | УК-1: 3-1, 3-2<br>УК-1: В-1                                           | Л 1.3, Л2.1<br>Л 2.2, Л 2.3<br>Л3.2, Л 2.4               | Устный<br>опрос          |
| 6.5 | Типовые модели гидродинамических процессов. Модель поршневого вытеснения без перемешивания. Ячеечная модель/пр/  | 5 | 1 | ОПК-2: В-1<br>УК-1: 3-1, 3-2<br>УК-1: У-1, В-1                        | Л 1.3, Л2.1<br>Л 2.2, Л 2.3<br>Л3.2, Л 2.4               | Контрольн<br>ая работа 1 |
| 6.6 | Типовые модели гидродинамических процессов. Модель поршневого вытеснения без перемешивания. Ячеечная модель/ср/  | 5 | 4 | ОПК-2: В-1<br>УК-1: 3-1, 3-2<br>УК-1: У-1, В-1                        | Л 1.3, Л2.1<br>Л 2.2, Л 2.3<br>Л3.2, Л 2.4               | Контрольн<br>ая работа 1 |
| 6.7 | Модели тепловых объектов. Модели электродвигателей/лек/                                                          | 5 | 4 | ОПК-2: В-1<br>УК-1: 3-1, 3-2                                          | Л 1.3, Л2.1<br>Л 2.2, Л 2.3<br>Л3.2, Л 2.4               | Устный<br>опрос          |
| 6.8 | Модели тепловых объектов. Модели электродвигателей/пр/                                                           | 5 | 2 | ОПК-2: В-1<br>УК-1: 3-1, 3-2                                          | Л 1.3, Л2.1<br>Л 2.2, Л 2.3<br>Л3.2, Л 2.4               | Устный<br>опрос          |
|     | <b>Раздел 7<br/>Экспериментально-<br/>статистический подход к<br/>построению математических<br/>моделей</b>      | 5 |   |                                                                       |                                                          |                          |
| 7.1 | Идентификация в узком и широком смысле. Активный и пассивный эксперимент в идентификации/лек/.                   | 5 | 1 | ОПК-2: 3-2<br>ОПК-2: 3-3<br>ОПК-13: 3-2                               | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.3<br>Л 3.2, Л 3.1<br>Э 1, Э 2 | Устный<br>опрос          |
| 7.2 | Идентификация в узком и широком смысле. Активный и пассивный эксперимент в идентификации/ср/.                    | 5 | 4 | ОПК-2: 3-2<br>ОПК-2: 3-3<br>ОПК-13: 3-2                               | Л 1.1, Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.2<br>Л 3.2, Л 3.1<br>Э 1, Э 2 | Устный<br>опрос          |
| 7.3 | Идентификация статических объектов. Метод наименьших квадратов (МНК)/лек/.                                       | 5 | 1 | ОПК-2: 3-2<br>ОПК-2: 3-3<br>ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: У-2                 | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.3<br>Л 3.2, Л 3.1<br>Э 1, Э 2 | Контрольн<br>ая работа 2 |
| 7.4 | Идентификация статических объектов. Метод наименьших квадратов (МНК)/пр/.                                        | 5 | 1 | ОПК-13: В-1<br>ОПК-2: 3-2<br>ОПК-13: В-2<br>ОПК-2: У-2                | Л 1.2, Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.2<br>Л 3.2, Л 3.1             | Контрольн<br>ая работа 2 |
| 7.5 | Идентификация статических объектов. Метод наименьших квадратов (МНК)/ср/.                                        | 5 | 4 | ОПК-2: 3-2<br>ОПК-2: 3-2<br>ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: В-1                 | Л 1.1, Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.3<br>Л 3.2, Л 3.1             | Контрольн<br>ая работа 2 |
| 7.6 | Идентификация динамических объектов/лек/.                                                                        | 5 | 1 | ОПК-2: 3-2<br>ОПК-2: 3-2<br>ОПК-13: 3-2                               | Л 1.1, Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.2<br>Л 3.2, Л 3.1<br>Э 1, Э 2 | Устный<br>опрос          |
| 7.7 | Идентификация динамических объектов/пр/.                                                                         | 5 | 1 | ОПК-13: В-1<br>ОПК-2: 3-2<br>ОПК-13: В-1<br>ОПК-13: В-2<br>ОПК-2: У-2 | Л 1.1, Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.2<br>Л 3.2, Л 3.1<br>Э 1, Э 2 | Устный<br>опрос          |
| 7.8 | Идентификация динамических объектов/ср/.                                                                         | 5 | 6 | ОПК-2: 3-2<br>ОПК-2: 3-2<br>ОПК-13: 3-2<br>ОПК-2: В-1                 | Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.3<br>Л 3.2, Л 3.1                    | Устный<br>опрос          |
| 7.9 | Желательные статистические свойства оценок параметров                                                            | 5 | 1 | ОПК-2: 3-2<br>ОПК-2: 3-2                                              | Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.3                                    | Устный<br>опрос          |

|      |                                                                                                                                                   |   |   |                                                                                   |                                                  |                      |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------|
|      | модели, полученных в результате идентификации/лек/                                                                                                |   |   | ОПК-13: 3-2                                                                       | Л 3.2, Л 3.1                                     |                      |
| 7.10 | Желательные статистические свойства оценок параметров модели, полученных в результате идентификации/лек/                                          | 5 | 2 | ОПК-2: 3-2<br>ОПК-2: 3-2<br>ОПК-13: 3-2                                           | Л 1.3<br>Л 2.1, Л 2.3<br>Л 3.2, Л 3.1            | Устный опрос         |
|      | <b>Раздел 8</b><br><b>Моделирование переходных процессов в динамических системах на ЭВМ</b>                                                       | 5 |   |                                                                                   |                                                  |                      |
| 8.1  | Метод структурного моделирования динамических систем/лек/                                                                                         | 5 | 1 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: 3-2<br>ОПК-13: 3-2                                           | Л 1.3, Л 2.1<br>Л 2.3, Л 2.4<br>Л 3.1, Л 3.2     | Контрольная работа 3 |
| 8.2  | Метод структурного моделирования динамических систем/пр/                                                                                          | 5 | 1 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: 3-2<br>ОПК-2: У-2<br>ОПК-2: В-2<br>ОПК-13: В-2               | Л 1.3, Л 2.1<br>Л 2.3, Л 2.4<br>Л 3.1, Л 3.2     | Контрольная работа 3 |
| 8.3  | Метод структурного моделирования динамических систем/ср/                                                                                          | 5 | 4 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: 3-2<br>ОПК-13: 3-2<br>ОПК-13: В-2                            | Л 1.3, Л 2.1<br>Л 2.3, Л 2.4<br>Л 3.1, Л 3.2     | Контрольная работа 3 |
| 8.4  | Выбор периода дискретности моделирования. Эквивалентная Схема замещения звена 2-го порядка/лек/                                                   | 5 | 1 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: 3-2<br>ОПК-13: 3-2                                           | Л 1.3, Л 2.1<br>Л 2.3, Л 2.4<br>Л 3.1, Л 3.2     | Контрольная работа 3 |
| 8.5  | Выбор периода дискретности моделирования. Эквивалентная Схема замещения звена 2-го порядка/ср/                                                    | 5 | 4 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: 3-2<br>ОПК-13: 3-2<br>ОПК-13: В-2<br>ОПК-2: В-1              | Л 1.3, Л 2.1<br>Л 2.3, Л 2.4<br>Л 3.1, Л 3.2     | Контрольная работа 3 |
|      | <b>Раздел 9</b><br><b>Модель динамической системы в пространстве состояний</b>                                                                    | 5 |   |                                                                                   |                                                  |                      |
| 9.1  | Координаты состояния. Пространство состояний. Построение модели в пространстве состояний по дифференциальному уравнению динамической системы/лек/ | 5 | 1 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-1                                           | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1,<br>Э 2 | ДЗ 2                 |
| 9.2  | Координаты состояния. Пространство состояний. Построение модели в пространстве состояний по дифференциальному уравнению динамической системы/ср/  | 5 | 7 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-1<br>ОПК-2: В-1                             | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1,<br>Э 2 | ДЗ 2                 |
| 9.3  | Развернутая и матричная формы модели в пространстве состояний. Условие устойчивости динамической системы по модели в пространстве состояний/лек/  | 5 | 1 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-1                                           | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1,<br>Э 2 | ДЗ 2                 |
| 9.4  | Развернутая и матричная формы модели в пространстве состояний. Условие устойчивости динамической системы по модели в пространстве состояний/пр/   | 5 | 1 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: У-1<br>ОПК-2: В-1<br>ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: У-3<br>ОПК-13: 3-1 | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1,<br>Э 2 | ДЗ 2                 |
| 9.5  | Развернутая и матричная формы модели в пространстве состояний. Условие устойчивости динамической системы по модели в пространстве состояний/ср/   | 5 | 7 | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: 3-1<br>ОПК-2: В-1<br>ОПК-13: 3-1                             | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1,<br>Э 2 | ДЗ 2                 |
|      | <b>Раздел 10</b><br><b>Наблюдаемость и управляемость динамической системы</b>                                                                     | 5 |   |                                                                                   |                                                  |                      |

|      |                                                                                                                   |   |    |                                              |                                                  |      |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|------|
| 10.1 | Понятия наблюдаемости и управляемости динамической системы/лек/                                                   | 5 | 1  | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-1                    | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1,<br>Э 2 | ДЗ 2 |
| 10.2 | Понятия наблюдаемости и управляемости динамической системы/ср/                                                    | 5 | 4  | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-1<br>ОПК-4.1:<br>В-1 | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1,<br>Э 2 | ДЗ 2 |
| 10.3 | Теоремы о наблюдаемости и управляемости динамической системы. Проверка наблюдаемости и управляемости объекта/лек/ | 5 | 2  | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-1                    | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1,<br>Э 2 | ДЗ 2 |
| 10.4 | Теоремы о наблюдаемости и управляемости динамической системы. Проверка наблюдаемости и управляемости объекта/пр/  | 5 | 1  | ОПК-2: У-1<br>ОПК-2: В-1<br>ОПК-13: У2       | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1,<br>Э 2 | ДЗ 2 |
| 10.5 | Теоремы о наблюдаемости и управляемости динамической системы. Проверка наблюдаемости и управляемости объекта/ср/  | 5 | 10 | ОПК-2: У-1<br>ОПК-2: В-1<br>ОПК-13: У2       | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1,<br>Э 2 | ДЗ 2 |
|      | <b>Раздел 11<br/>Наблюдатели состояния динамической системы</b>                                                   | 5 |    |                                              |                                                  |      |
| 11.1 | Структурная схема наблюдателя состояния. Настройка параметров наблюдателя/лек/                                    | 5 | 2  | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-1                    | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1,<br>Э 2 | ДЗ 2 |
| 11.2 | Структурная схема наблюдателя состояния. Настройка параметров наблюдателя/пр/                                     | 5 | 1  | ОПК-2: У-1<br>ОПК-2: В-1<br>ОПК-13: У2       | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1, Л 3.2<br>Л 3.3, Э 1, Э 2  | ДЗ 2 |
| 11.3 | Структурная схема наблюдателя состояния. Настройка параметров наблюдателя/ср/                                     | 5 | 6  | ОПК-2: У-1<br>ОПК-2: В-1<br>ОПК-13: У2       | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1, Э 2    | ДЗ 2 |
| 11.4 | Совместное наблюдение координат состояния и низкочастотной составляющей входного возмущения/лек/                  | 5 | 1  | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-1                    | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1, Э 2    | ДЗ 2 |
| 11.4 | Совместное наблюдение координат состояния и низкочастотной составляющей входного возмущения/пр/                   | 5 | 1  | ОПК-2: У-1<br>ОПК-2: В-1<br>ОПК-13: У2       | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1, Э 2    | ДЗ 2 |
| 11.4 | Совместное наблюдение координат состояния и низкочастотной составляющей входного возмущения/лек/                  | 5 | 6  | ОПК-2: 3-1<br>ОПК-13: 3-1                    | Л 1.2, Л 2.4<br>Л 3.1 Л 3.2<br>Л 3.3 Э 1, Э 2    | ДЗ 2 |

| <b>5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
| <b>5.1.1. Перечень контрольных вопросов, используемых при формировании экзаменационных билетов (промежуточный контроль успеваемости)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| 1. Что понимается под моделью реального объекта? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1; ОПК-2: 3-1)<br>2. В каких областях человеческой деятельности используются модели? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1; ОПК-2: 3-1)<br>3. Приведите примеры использования различных форм моделей? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1; ОПК-2: 3-1)<br>4. В каких целях используются модели в области разработки систем автоматизации? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1; ОПК-2: 3-1)<br>5. Роль моделей на этапе проектирования систем автоматического управления. (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1; ОПК-2: 3-1)<br>6. Роль моделей на этапе эксплуатации систем автоматического управления. (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1; ОПК-2: 3-1)<br>7. Как используются модели технологических процессов для повышения эффективности производства? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1; ОПК-2: 3-1; УК-1:3-1)<br>8. Исследование каких свойств динамических систем управления основана на их математических моделях? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1; ОПК-2: 3-1) |  |

9. На какие категории принято делить модели? (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
10. Какие модели относятся к категории физических (материальных)? (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
11. Какие разновидности физических моделей вы знаете? (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
12. Что представляют собой натурные (натуральные) модели? (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
13. Достоинства натурных моделей. Когда их применение целесообразно? (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
14. Масштабные модели. Приведите примеры использования масштабных моделей. (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
15. Аналоговые модели. Принципиальное отличие аналоговых моделей от натурных и масштабных. (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
16. Символьные модели. (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
17. Что такое грамматика символьной модели? (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
18. Математические модели. Другие виды символьных моделей. (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
19. Аналитические и имитационные модели. (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
20. Непрерывные и дискретные математические модели. (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
21. Детерминированные и стохастические математические модели. (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
22. Преимущества математических моделей перед физическими. (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
23. Для каких целей используются математические модели технологических объектов? (ОПК-2: 3-1; ОПК-13:3-1, 3-2)
24. Модели каких элементов используются при построении систем управления технологическими процессами? (ОПК-2: 3-1; ОПК-13:3-1, 3-2; УК-1:3-1)
25. При решении каких задач используются математические модели организационно-экономических процессов? (ОПК-2: 3-1; ОПК-13:3-1, 3-2)
26. Какие объекты относятся к категории гидро-динамических? На основе каких законов строятся модели этой категории? (ОПК-2: 3-1; ОПК-13:3-1, 3-2; УК-1:3-1, 3-2)
27. Какие объекты относятся к категории электромеханических? На основе каких законов строятся модели этой категории? (ОПК-2: 3-1; ОПК-13:3-1, 3-2; УК-1:3-1)
28. Какие объекты относятся к категории тепловых? На основе каких законов строятся модели этой категории? (ОПК-2: 3-1; ОПК-13:3-1, 3-2; УК-1:3-1)
29. В чем основное отличие статических объектов от динамических? (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
30. В какой форме может быть задана математическая модель статического объекта? (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
31. Назовите формы математических моделей линейных динамических объектов (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
32. Временные характеристики линейных динамических систем. Их взаимосвязь (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
33. Передаточная функция линейной динамической системы. (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
34. Частотные характеристики линейной динамической системы. (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
35. В каких формах может быть задана математическая модель нелинейной динамической системы? (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)
36. Назовите основные подходы к построению математических моделей технологических объектов. (ОПК-2:3-1; ОПК-2:У-1)
37. На чем основан теоретико-аналитический подход к построению математических моделей технологических объектов? (ОПК-2:3-1; ОПК-2:У-1; УК-1:3-2)
38. В чем суть экспериментально-статистического подхода к построению моделей технологических объектов? (ОПК-2:3-1; ОПК-2:У-1)
39. Достоинства и недостатки двух основных подходов к построению математических моделей технологических объектов. (ОПК-2:3-1; ОПК-2:У-1)
40. Комбинированный подход к построению математических моделей технологических объектов. (ОПК-2:3-1; ОПК-2:У-1)
41. Какие технологические агрегаты могут быть описаны моделью идеального мгновенного перемешивания? (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; УК-1:3-1)
42. Какой вид имеет модель идеального мгновенного перемешивания? (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; УК-1:3-1)
43. Как определить параметры модели идеального мгновенного перемешивания? (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; УК-1:3-2)
44. Какие сигналы могут быть входами и выходами модели идеального мгновенного перемешивания? (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; УК-1:3-1)
45. Какие технологические агрегаты могут быть описаны моделью поршневого вытеснения без перемешивания? (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; УК-1:3-1)
46. Какие сигналы могут быть входами и выходами модели поршневого вытеснения без перемешивания? (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; УК-1:3-1)
47. Какой вид имеет модель поршневого вытеснения без перемешивания? Как определить параметры модели? (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; УК-1:3-2)
48. Модель топливной печи. (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; УК-1:3-1)
49. Модель электродвигателя постоянного тока. (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; УК-1:3-1)
50. Модель асинхронного двигателя. (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; УК-1:3-1)
51. Содержание задачи идентификации в узком смысле слова. (ОПК-2:3-2; ОПК-2: 3-2; ОПК-13:3-2)
52. Содержание задачи идентификации в широком смысле слова. (ОПК-2:3-2; ОПК-2: 3-2; ОПК-13:3-2)
53. В чем отличие активного эксперимента от пассивного? (ОПК-2:3-2; ОПК-2: 3-2; ОПК-13:3-2)
54. Достоинства и недостатки пассивного и активного экспериментов (сравнительный анализ). (ОПК-2:3-2; ОПК-2: 3-2; ОПК-13:3-2)
55. В чем суть метода наименьших квадратов (МНК) в решении задачи идентификации? (ОПК-2:3-2; ОПК-2: 3-2; ОПК-13:3-2)
56. Как определить параметры модели линейного статического объекта при помощи МНК? (ОПК-2:3-2; ОПК-2: 3-2; ОПК-13:3-2)
57. Использование МНК для идентификации динамических объектов. (ОПК-2:3-2; ОПК-2: 3-2; ОПК-13:3-2)
58. Какие оценки параметров модели называют несмещенными? (ОПК-2:3-2; ОПК-2: 3-2; ОПК-13:3-2)
59. Какие оценки параметров модели называют состоятельными? (ОПК-2:3-2; ОПК-2: 3-2; ОПК-13:3-2)
60. Какие оценки параметров модели называют эффективными? (ОПК-2:3-2; ОПК-2: 3-2; ОПК-13:3-2)
61. Какой вид имеет формула расчета переходного процесса в линейном динамическом звене 1-го порядка? (ОПК-2:3-1, 3-2; ОПК-13:3-2)

62. Как выбрать период дискретности расчета переходного процесса? (ОПК-2:3-1, 3-2; ОПК-13:3-2)
63. Как моделируется переходный процесс в колебательном звене 2-го порядка? (ОПК-2:3-1, 3-2; ОПК-13:3-2)
64. Позволяет ли метод структурного моделирования моделировать переходные процессы в динамической системе с нелинейными элементами (реле, ограничитель сигнала и т.п.)? (ОПК-2:3-1, 3-2; ОПК-13:3-2)
65. Что такое свободное движение динамической системы? (ОПК-2:3-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-13:31)
66. Что такое координаты состояния динамической системы? (ОПК-2:3-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-13:31)
67. Как связано число координат состояния с порядком дифференциального уравнения динамической системы? (ОПК-2:3-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-13:31)
68. Как получить модель в пространстве состояний зная дифференциальное уравнение системы? (ОПК-2:3-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-13:31)
69. Как целесообразно выбрать координаты состояния объекта, если в исходном дифференциальном уравнении отсутствуют производные от входного сигнала? (ОПК-2:3-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-13:31)
70. Как целесообразно выбрать координаты состояния объекта, если в исходном дифференциальном уравнении присутствуют производные от входного сигнала? (ОПК-2:3-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-13:31)
71. Какой вид имеет развернутая форма модели в пространстве состояний? (ОПК-2:3-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-13:31)
72. Какой вид имеет матричная форма модели в пространстве состояний? (ОПК-2:3-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-13:31)
73. Как оценить устойчивость линейной динамической системы по ее модели в пространстве состояний? (ОПК-2:3-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-13:31)
74. Какую систему называют наблюдаемой? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)
75. Какую систему называют управляемой? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)
76. Как оценить наблюдаемость системы? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)
77. Как оценить управляемость системы? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)
78. Может ли система быть наблюдаемой, но неуправляемой? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)
79. Может ли система быть ненаблюдаемой, но управляемой? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)
80. Для каких целей используются наблюдатели состояния? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)
81. При каком условии процесс наблюдения сходится? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)
82. Как повысить скорость процесса наблюдения? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)
83. Почему не стоит добиваться слишком высокой скорости переходных процессов в наблюдателе? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)
84. Какие предположения о поведении возмущения используются при совместной оценке координат состояния и медленно меняющегося входного возмущения? (ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)

#### 5.1.2. Перечень контрольных практических заданий, используемых при формировании экзаменационных билетов (промежуточный контроль успеваемости)

1. Дифференциальное уравнение, описывающее поведение динамического объекта, имеет следующий вид:

$$2 \frac{d^2 y}{dt^2} + 2,4 \frac{dy}{dt} + 0,7y = 0,6 \frac{du}{dt} - 1,4u.$$

Определите передаточную и переходную (разгонную) функцию объекта. (ОПК-2:3-1; ОПК-2: В-1; ОПК-13:У-1; ОПК-2:У-1)

2. Дифференциальное уравнение, описывающее поведение динамического объекта, имеет следующий вид:

$$4 \frac{d^2 y}{dt^2} + 3,6 \frac{dy}{dt} + 0,8y = 0,6 \frac{du}{dt}.$$

Определите передаточную и импульсную переходную (весовую) функцию объекта. (ОПК-2:3-1; ОПК-2: В-1; ОПК-13:У-1; ОПК-2:У-1)

3. Дифференциальное уравнение, описывающее поведение динамического объекта, имеет следующий вид:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 1,2 \frac{dy}{dt} + 0,35y = -1,4u.$$

Определите передаточную и амплитудную частотную функцию объекта. (ОПК-2:3-1; ОПК-2: В-1; ОПК-13:У-1; ОПК-2:У-1)

4. Дифференциальное уравнение, описывающее поведение динамического объекта, имеет следующий вид:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 1,4 \frac{dy}{dt} = 0,6 \frac{du}{dt} - u.$$

Определите передаточную и переходную (разгонную) функцию объекта. (ОПК-2:3-1; ОПК-2: В-1; ОПК-13:У-1; ОПК-2:У-1)

5. В цилиндрическую емкость, в горизонтальном сечении которой круг, внутренний (рабочий) диаметр которого равен 4 м, подается подпитывающая вода, расход которой равен  $F_{вх}(t)$ . Из емкости в технологический процесс откачивается вода, расход которой равен  $F_{вых}(t)$ . Разработать модель зависимости уровня воды в емкости  $H(t)$  от расходов  $F_{вх}(t)$  и  $F_{вых}(t)$ . (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: В-1; УК-1:3-1, 3-2, У-1, В-1)

6. В цилиндрическую емкость, внутренний диаметр которой равен 4 м, подается концентрированная серная кислота (концентрация 93 %, удельный вес 1,83 т/м<sup>3</sup>) и вода. Объемный расход кислоты  $F_K(t)$  (м<sup>3</sup>/ч). Объемный расход воды  $F_B(t)$  (м<sup>3</sup>/ч). При этом суммарный расход постоянен  $F_K(t) + F_B(t) = 0,2$  м<sup>3</sup>/с. Рабочая высота разбавленной кислоты в емкости равен 5 м. Содержимое емкости интенсивно перемешивается. Уровень кислоты в емкости поддерживается постоянным за счет того, что из емкости откачивается разбавленная кислота, расход которой равен  $F_{РАЗ}(t) = F_K(t) + F_B(t) = 0,2$  м<sup>3</sup>/с. Разработать модель зависимости концентрации разбавленной кислоты на выходе емкости от расходов  $F_K(t)$  и  $F_B(t)$ . (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: В-1; УК-1:3-1, 3-2, У-1, В-1)

7. На вход трубы, диаметр которой равен 0,4 м, а длина равна 20 м, подается пульпа, расход которой равен 0,05 м<sup>3</sup>/с. Разработать модель зависимости плотности пульпы  $\rho_{вых}(t)$  на выходе трубы от плотности  $\rho_{вх}(t)$  пульпы на входе. (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: В-1; УК-1:3-1, 3-2, У-1, В-1)

8. Технологический агрегат представляет собой последовательное соединение трех цилиндрических емкостей, диаметры которых соответственно равны  $d_1 = 2$  м,  $d_2 = 4$  м и  $d_3 = 2$  м. В технологический агрегат подается пульпа, расход которой постоянен и равен 0,2 м<sup>3</sup>/с плотность которой на входе равна  $\rho_{вх}(t)$ . В емкостях поддерживаются постоянные уровни, равные соответственно  $h_1 = 3$  м,  $h_2 = 4$  м и  $h_3 = 2$  м за счет перетока пульпы между емкостями и откачки пульпы из агрегата, равной подаче (0,2 м<sup>3</sup>/с). Содержимое каждой из емкостей интенсивно перемешивается. Разработать модель зависимости плотности

пульпы на выходе агрегата  $\rho_{\text{вых}}(t)$  от входной плотности  $\rho_{\text{вх}}(t)$ . (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: В-1; УК-1:3-1, 3-2, У-1, В-1)

9. Модель объекта описывается следующим линейным алгебраическим уравнением:  $Y = a + b * X$ , где  $X$  – вход объекта,  $Y$  – выход,  $a$  и  $b$  – неизвестные параметры. Для определения параметров модели  $a$  и  $b$  проведена серия из 10 экспериментов, результаты которых приведены в таблице. Найти параметры модели  $a$  и  $b$  при помощи МНК.

| Номер эксперимента $i$ | Вход $X_i$ | Выход $Y_i$ |
|------------------------|------------|-------------|
| 1                      | 1          | 1,45        |
| 2                      | 2,17       | 3,85        |
| 3                      | 3,42       | 6,35        |
| 4                      | 2,71       | 4,96        |
| 5                      | 3,02       | 5,53        |
| 6                      | 3,84       | 7,19        |
| 7                      | 2,92       | 5,37        |
| 8                      | 3,13       | 5,71        |
| 9                      | 3,90       | 7,25        |
| 10                     | 2,95       | 5,40        |

(ОПК-13: В-1; ОПК-2: 3-2; ОПК-13: В-2; ОПК-2: У-2)

10. Модель объекта описывается следующим линейным алгебраическим уравнением:  $Y = a * X + b * Z$ , где  $X$  и  $Z$  – 2 входа объекта,  $Y$  – выход,  $a$  и  $b$  – неизвестные параметры. Для определения параметров модели  $a$  и  $b$  проведена серия из 8 экспериментов, результаты которых приведены в таблице. Найти параметры модели  $a$  и  $b$  при помощи МНК.

| Номер эксперимента $i$ | Вход $X_i$ | Вход $Z_i$ | Выход $Y_i$ |
|------------------------|------------|------------|-------------|
| 1                      | 1          | 0,2        | 0,68        |
| 2                      | 1,5        | 0,1        | 0,83        |
| 3                      | 0,8        | 0,5        | 0,92        |
| 4                      | 0,5        | 0,3        | 0,57        |
| 5                      | 1,2        | 0,7        | 1,27        |
| 6                      | 2          | 0,8        | 1,83        |
| 7                      | 2,2        | 0,9        | 2,02        |
| 8                      | 1,4        | 1          | 1,67        |

(ОПК-13: У-2, ОПК-13: В-1; ОПК-2: 3-2; ОПК-13: В-2; ОПК-2: У-2)

11. В цилиндрическую емкость (в горизонтальном сечении круг, внутренний диаметр которого равен 4 м), рабочая высота которой равна 5 м подается концентрированная пульпа, расход которой равен  $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ , а плотность равна  $2 \text{ т}/\text{м}^3$ , и вода, расход которой также равен  $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ . В исходный момент времени плотность пульпы внутри емкости равна  $1,8 \text{ т}/\text{м}^3$ . Содержимое емкости интенсивно перемешивается. Уровень пульпы внутри емкости поддерживается постоянным за счет того, что из емкости откачивается  $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$  разбавленной пульпы. Чему будет равна плотность пульпы в емкости через 5 минут? (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: В-1; УК-1:3-1, 3-2, У-1, В-1)

12. На вход трубы, диаметр которой равен 0,4 м, а длина 20 м, подается вода, температура которой линейно снижается с исходного значения  $60^\circ\text{C}$  в момент времени  $t = 0$  с до  $20^\circ\text{C}$  в момент времени  $t = 200$  с. Расход воды постоянен и равен  $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$ . Чему равна температура воды на выходе трубы в момент времени  $t = 200$  с? (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: В-1; УК-1:3-1, 3-2, У-1, В-1)

13. На вход трубы, диаметр которой равен 0,5 м, а длина 10 м подается вода, температура которой линейно нарастает с исходного значения  $20^\circ\text{C}$  в момент времени  $t = 0$  с до  $50^\circ\text{C}$  в момент времени  $t = 100$  с. Расход воды постоянен и равен  $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$ . Чему равна температура воды на выходе трубы в момент времени  $t = 100$  с? (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: В-1; УК-1:3-1, 3-2, У-1, В-1)

14. Дифференциальное уравнение объекта имеет вид:

$2 \cdot Y''''(t) + 2 \cdot Y'''(t) + 4 \cdot Y''(t) + 6 \cdot Y'(t) + Y(t) = 4 \cdot u(t)$ . Построить модель объекта в пространстве состояний. (ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-3)

15. Дифференциальное уравнение объекта имеет вид:

$2 \cdot Y''''(t) + 2 \cdot Y'''(t) + Y''(t) + 6 \cdot Y'(t) + Y(t) = 2U'(t) + 4 \cdot U(t)$ . Построить модель объекта в пространстве состояний. (ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-3)

16. Дифференциальное уравнение объекта имеет вид:

$2 \cdot Y''''(t) + 2 \cdot Y'''(t) - 4 \cdot Y''(t) + 6 \cdot Y'(t) + Y(t) = 4 \cdot u(t)$ . Построить модель объекта в пространстве состояний и оценить его устойчивость по этой модели. (ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-3)

17. Дифференциальное уравнение объекта имеет вид:

$$2 \cdot Y''''(t) + 4 \cdot Y'''(t) + 6 \cdot Y''(t) + Y(t) = 4 \cdot u(t)$$

Измеряется вход объекта  $u(t)$  и выход  $Y(t)$ . Оценить наблюдаемость этого объекта. (ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-3)

18. Дифференциальное уравнение объекта имеет вид:

$$4 \cdot Y''''(t) + 4 \cdot Y'''(t) + 2 \cdot Y''(t) + Y(t) = 2 \cdot u(t)$$

Измеряется вход объекта  $u(t)$  и выход  $Y(t)$ . Оценить управляемость этого объекта. (ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-3)

19. Дифференциальное уравнение объекта имеет вид:

$$4 \cdot Y''''(t) + Y''(t) + 2 \cdot Y'(t) + Y(t) = u(t)$$

Измеряется вход объекта  $u(t)$  и скорость изменения выхода  $Y'(t)$ . Оценить наблюдаемость этого объекта. (ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-3)

21. Передаточная функция объекта имеет вид  $W_{uY}(S) = \frac{2S+1}{S^3+2S^2+4S+1}$ . Измеряется вход объекта  $u(t)$  и выход  $Y(t)$ . Оценить наблюдаемость этого объекта. (ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-3)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>22. Передаточная функция объекта имеет вид <math>W_{uy}(S) = \frac{3+1}{S^3+4S^2+4S+1}</math>. Измеряется вход объекта <math>u(t)</math> и выход <math>Y(t)</math>. Оценить управляемость этого объекта. (ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: З-1; ОПК-2: У-3)</p> <p>23. В емкость, рабочая высота которой равна 3 м (в горизонтальном сечении емкости прямоугольник, внутренние стороны которого равны 2 м и 3 м), подается горячая вода с температурой 60 °С и расходом 0,05 м³/с, а также холодная вода с температурой 15 °С и расходом 0,1 м³/с. В исходный момент времени температура воды в емкости равна 20 °С. Содержимое емкости интенсивно перемешивается. Уровень воды внутри емкости поддерживается постоянным за счет того, что из емкости откачивается 0,15 м³/с теплой воды. Чему будет равна температура воды в емкости через 2 минуты? (ОПК-2: З-1; ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: В-1; УК-1:З-1, З-2, У-1, В-1)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p align="center"><b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине</b></p> <p>В процессе изучения дисциплины «Моделирование процессов и систем» обучающийся должен выполнить и защитить:</p> <p>1. Домашнее задание 1 (ДЗ1) (ОПК-2: З-1; ОПК-13: З-2; ОПК-13: У-1; ОПК-2:У-1 )<br/> Тема: Определение временных характеристик линейной динамической системы (по вариантам) [Л 1.2, Л 2.1, Л 3.1, Л 3.2, Л 3.3].</p> <p>2. Домашнее задание 2 (ДЗ2) (ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; УДК-9.2: З-1; ОПК-2: З-1; ОПК-2: У-3)<br/> Тема: Оценка наблюдаемости и управляемости динамической системы (по вариантам) [Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3 Л 3.1, Л 3.2, Л 3.3].</p> <p>3. Индивидуальные практические задания (ИПЗ) в виде решения прикладных задач по темам всех практических занятий [Л 3.1, Л 3.2, Л 3.3] (ОПК-2:З-1; ОПК-2: В-1; ОПК-13:У-1; ОПК-2:У-1; ОПК-13: В-1; ОПК-2: З-2; ОПК-13: В-2; ОПК-2: У-2; ОПК-2: В-2;)</p> <p>4. Контрольная работа 1<br/> Тема: Типовые модели гидро-динамических процессов (по вариантам) [Л 3.1, Л 3.2, Л 3.3] (ОПК-2: З-1; ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: В-1; УК-1:З-1, З-2, У-1, В-1).</p> <p>5. Контрольная работа 2<br/> Тема: Идентификация статических объектов с использованием МНК [Л 3.1, Л 3.2, Л 3.3] (ОПК-13: В-1; ОПК-2: З-2; ОПК-13: В-2; ОПК-2: У-2).</p> <p>6. Контрольная работа 3<br/> Тема: Программное моделирование переходных процессов на ЭВМ) [Л 3.1, Л 3.2, Л 3.3] (ОПК-2: З-1; ОПК-2: З-2; ОПК-2: У-2; ОПК-2: В-2; ОПК-13: В-2).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p align="center"><b>Комплект вопросов для проведения устного опроса обучающихся<br/>(текущий контроль успеваемости)</b></p> <p><b>Раздел 1. Общие сведения по моделированию процессов и систем<br/>(ОПК-2:З-1; ОПК-13:З-1, В-1; ОПК-2: З-1; УК-1:З-1)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что понимается под моделью реального объекта или процесса?</li> <li>2. В чем суть процесса моделирования?</li> <li>3. В каких сферах человеческой деятельности используются модели и моделирование?</li> <li>4. Используете ли Вы моделирование? Приведите пример?)</li> <li>5. Приведите примеры использования различных форм моделей?</li> <li>6. Почему потребность в процессах моделирования постоянно возрастает?</li> <li>7. В каких целях используются модели в области разработки систем автоматизации?</li> <li>8. Какова роль моделей на этапе проектирования систем автоматического управления?</li> <li>9. Для решения каких задач используются модели на этапе эксплуатации систем автоматического управления?</li> <li>10. Как помогают математические модели технологических процессов в повышении эффективности управления технологическими процессами и производствами?</li> <li>11. Исследование каких свойств динамических систем управления основано на их математических моделях?</li> </ol> <p><b>Раздел 2. Классификация моделей<br/>(ОПК-13:З-2; ОПК-2:З-1)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. На какие категории принято делить модели?</li> <li>2. Какие модели относятся к категории физических (материальных)?</li> <li>3. Какие разновидности физических моделей вы знаете?</li> <li>4. Какой класс физических моделей имеет наиболее высокую точность моделирования?</li> <li>5. Что представляют собой натурные (натуральные) модели?</li> <li>6. Достоинства натурных моделей. Когда их применение целесообразно?</li> <li>7. Масштабные модели. Приведите примеры использования масштабных моделей.</li> <li>8. Приведите примеры масштабных моделей, размеры которых меньше размеров объекта.</li> <li>9. Приведите примеры масштабных моделей, размеры которых больше размеров объекта.</li> <li>10. Аналоговые модели. Принципиальное отличие аналоговых моделей от натурных и масштабных.</li> <li>11. В чем суть физического подобия процессов?</li> <li>12. Приведите примеры физического подобия процессов.</li> <li>13. Какие виды символьных моделей Вы знаете?</li> <li>14. Что должно быть определено для каждой категории символьных моделей?</li> <li>15. Что такое грамматика символьной модели?</li> <li>16. Математические модели. Основные направления их классификации.</li> <li>17. Аналитические и имитационные модели.</li> <li>18. Непрерывные и дискретные математические модели.</li> </ol> |

19. Детерминированные и стохастические математические модели.
20. Линейные и нелинейные математические модели.
21. Математическая модель объекта представлена дифференциальным уравнением второго порядка. Может ли такая модель быть линейной? А нелинейной?
22. Преимущества математических моделей перед физическими.
23. Статические и динамические математические модели. В чем их основное отличие?

### **Раздел 3. Цели моделирования процессов и систем при решении задач автоматизации управления (ОПК-2: 3-1; ОПК-13:3-1, 3-2; УК-1:3-1, 3-2)**

1. Для каких целей используются математические модели технологических объектов?
2. Решение каких задач, возникающих при построении систем автоматизации технологических процессов, целесообразно выполнять с использованием математических моделей?
3. Модели каких элементов используются при построении систем управления технологическими процессами?
4. При решении каких задач используются математические модели организационно-экономических процессов?
5. Какие категории входных сигналов технологических объектов управления Вы знаете?
6. Какие объекты относятся к категории гидро-динамических? На основе каких законов строятся модели этой категории?
7. Какие объекты относятся к категории электромеханических? На основе каких законов строятся модели этой категории?
8. Какие объекты и процессы относятся к категории массообменных? На основе каких законов строятся модели этой категории?
9. Какие объекты и процессы относятся к категории тепловых? На основе каких законов строятся модели этой категории?

### **Раздел 4. Математические модели статических и динамических (инерционных) объектов управления (ОПК-13:3-2; ОПК-2:3-1)**

1. В чем основное отличие статических объектов от динамических?
2. Может ли статическая модель использоваться для исследования процессов в существенно инерционном объекте?
3. В какой форме может быть задана статическая математическая модель?
4. Приведите пример линейной статической модели с двумя входами и одним выходом.
5. Линейная статическая модель с одним входом и одним выходом задана в виде графика. Каков вид этого графика?
6. Назовите формы математических моделей линейных динамических объектов.
7. Временные характеристики линейных динамических систем. Их взаимосвязь.
8. Что такое переходная (разгонная) характеристика объекта?
9. Что такое импульсная (весовая) характеристика объекта?
10. Передаточная функция линейной динамической системы.
11. Частотные характеристики линейной динамической системы.
12. Что показывает амплитудная частотная характеристика объекта?
13. Что показывает фазовая частотная характеристика объекта?
14. В каких формах может быть задана математическая модель нелинейной динамической системы?
15. Система включает 5 звеньев, из которых 4 линейные динамические звенья, модели которых представляют собой апериодические звенья 1-го порядка, а одно звено – двухпозиционное реле. Эта система линейна или нелинейна?

### **Раздел 5. Основные подходы к построению математических моделей технологических объектов (ОПК-2:3-1; ОПК-2:У-1; УК-1:3-1, 3-2)**

1. Назовите основные подходы к построению математических моделей технологических объектов.
2. На чем основан теоретико-аналитический подход к построению математических моделей технологических объектов?
3. В чем суть экспериментально-статистического подхода к построению моделей технологических объектов?
4. Достоинства и недостатки теоретико-аналитического подхода к построению моделей технологических объектов.
5. Достоинства и недостатки экспериментально-статистического подхода к построению моделей технологических объектов.
6. Комбинированный подход к построению математических моделей технологических объектов.
7. Какой из трех подходов (теоретико-аналитический, экспериментально-статистический или комбинированный) по вашему мнению чаще всего применяется на практике?

### **Раздел 6. Типовые модели технологических процессов горно-металлургических производств (ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; УК-1:3-1, 3-2, У-1, В-1)**

1. Какие типовые модели гидро-динамических процессов вы знаете?
2. Какие физические величины могут быть входами и выходами моделей гидро-динамических процессов?
3. Какие технологические агрегаты могут быть описаны моделью идеального мгновенного перемешивания?
4. Какой вид имеет модель идеального мгновенного перемешивания?
5. Как определить параметры модели идеального мгновенного перемешивания?
6. Какие технологические агрегаты могут быть описаны моделью поршневого вытеснения без перемешивания?
7. Какие сигналы могут быть входами и выходами модели поршневого вытеснения без перемешивания?
8. Какой вид имеет модель поршневого вытеснения без перемешивания? Как определить параметры модели?
9. Модель топливной печи. Вход и выход модели.
10. Модель электродвигателя постоянного тока. Вход и выход модели.
11. Модель асинхронного двигателя. Вход и выход модели.

### **Раздел 7. Экспериментально-статистический подход к построению математических моделей**

**(ОПК-2:3-2; ОПК-2: 3-2; ОПК-13:3-2)**

1. Что такое идентификация системы?
2. Содержание задачи идентификации в узком смысле слова.
3. Содержание задачи идентификации в широком смысле слова.
4. В чем отличие активного эксперимента от пассивного?
5. Какой эксперимент называют полуактивным?
6. Достоинства и недостатки пассивного и активного экспериментов (сравнительный анализ).
7. В чем суть метода наименьших квадратов (МНК) в решении задачи идентификации?
8. Как определить параметры модели линейного статического объекта при помощи МНК?
9. Использование МНК для идентификации динамических объектов.
10. Какие оценки параметров модели называют несмещенными?
11. Какие оценки параметров модели называют состоятельными?
12. Какие оценки параметров модели называют эффективными?

**Раздел 8. Моделирование переходных процессов в динамических системах на ЭВМ  
(ОПК-2:3-1, 3-2; ОПК-13:3-2)**

1. Какой вид имеет формула расчета переходного процесса в линейном динамическом звене 1-го порядка?
2. Как выбрать период дискретности расчета переходного процесса?
3. К чему может привести, если периода дискретности моделирования выбрать больше рекомендуемого?
4. К чему может привести, если периода дискретности моделирования выбрать меньше рекомендуемого?
5. Как вычислить выход звена, которое моделируется усилительным звеном?
6. Как вычисляется выход сумматора, на один вход которого поступает сигнал обратной связи?
7. Как моделируется переходный процесс в колебательном звене 2-го порядка?
8. Позволяет ли метод структурного моделирования моделировать переходные процессы в динамической системе с нелинейными элементами (реле, ограничитель сигнала и т.п.)?

**Раздел 9. Модель динамической системы в пространстве состояний  
(ОПК-2:3-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-13:3:1)**

1. Что такое свободное движение динамической системы?
2. Что такое координаты состояния динамической системы?
3. Как связано число координат состояния с порядком дифференциального уравнения динамической системы?
4. Как получить модель в пространстве состояний зная дифференциальное уравнение системы
5. Как целесообразно выбрать координаты состояния объекта, если в исходном дифференциальном уравнении отсутствуют производные от входного сигнала?
6. Как целесообразно выбрать координаты состояния объекта, если в исходном дифференциальном уравнении присутствуют производные от входного сигнала?
7. Какой вид имеет развернутая форма модели в пространстве состояний?
8. Какой вид имеет матричная форма модели в пространстве состояний?
9. Как оценить устойчивость линейной динамической системы по ее модели в пространстве состояний?

**Раздел 10. Наблюдаемость и управляемость динамической системы  
(ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)**

1. В чем смысл наблюдаемости динамической системы?
2. Какую систему называют управляемой?
3. Как оценить наблюдаемость системы?
4. Как оценить управляемость системы?
5. Может ли система быть наблюдаемой, но неуправляемой?
6. Может ли система быть ненаблюдаемой, но управляемой?

**Раздел 11. Наблюдатели состояния динамической системы  
(ОПК-2:3-1; ОПК-13:3-1)**

1. Что представляет собой наблюдатель состояния?
2. Для каких целей используются наблюдатели состояния?
3. Необходимое условие сходимости процесса наблюдения состояния?
4. Как повысить скорость процесса наблюдения?
5. Почему не стоит добиваться слишком высокой скорости переходных процессов в наблюдателе?
6. Какие предположения о поведении возмущения используются при совместной оценке координат состояния и медленно меняющегося входного возмущения?

**Перечень заданий на контрольную работу № 1 (текущий контроль успеваемости)  
(ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; ОПК-2: В-1; УК-1:3-1, 3-2, У-1, В-1)**

*Вариант 1*

1. В цилиндрическую емкость (в горизонтальном сечении круг, внутренний диаметр которого равен 2 м), рабочая высота которой равна 2,5 м подается концентрированная пульпа, расход которой равен 0,05 м<sup>3</sup>/с, а плотность равна 2 т/м<sup>3</sup>, и вода,

расход которой также равен  $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$ . В исходный момент времени плотность пульпы внутри емкости равна  $1,4 \text{ т/м}^3$ . Содержимое емкости интенсивно перемешивается. Уровень пульпы внутри емкости поддерживается постоянным за счет того, что из емкости откачивается  $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$  разбавленной пульпы. Чему будет равна плотность пульпы в емкости через 2 минуты?

2. На вход трубы, диаметр которой равен  $0,2 \text{ м}$ , а длина  $20 \text{ м}$ , подается вода, температура которой линейно нарастает с исходного значения  $40^\circ\text{C}$  в момент времени  $t = 0 \text{ с}$  до  $70^\circ\text{C}$  в момент времени  $t = 200 \text{ с}$ . Расход воды постоянен и равен  $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$ . Чему равна температура воды на выходе трубы в момент времени  $t = 200 \text{ с}$ ? Потерями тепла в трубе пренебречь.

#### Вариант 2

1. В емкость, в горизонтальном сечении которой квадрат со стороной  $4 \text{ м}$ , рабочая высота которой равна  $5 \text{ м}$  подается горячая вода, расход которой равен  $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$ , а температура  $80^\circ\text{C}$ , и холодная вода, расход которой также равен  $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ , а температура  $15^\circ\text{C}$ . В исходный момент времени температура воды внутри емкости равна  $50^\circ\text{C}$ . Содержимое емкости интенсивно перемешивается. Уровень воды внутри емкости поддерживается постоянным за счет того, что из емкости откачивается  $0,15 \text{ м}^3/\text{с}$  воды. Чему будет равна температура воды в емкости через 4 минуты?

2. На вход трубы, диаметр которой равен  $0,5 \text{ м}$ , а длина  $10 \text{ м}$  подается пульпа, плотность которой линейно снижается с исходного значения  $2 \text{ т/м}^3$  в момент времени  $t = 0 \text{ с}$  до  $1,5 \text{ т/м}^3$  в момент времени  $t = 100 \text{ с}$ . Расход пульпы постоянен и равен  $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$ . Чему равна плотность пульпы на выходе трубы в момент времени  $t = 100 \text{ с}$

#### Перечень заданий на контрольную работу № 2 (текущий контроль успеваемости)

(ОПК-13: В-1; ОПК-2: 3-2; ОПК-13: В-2; ОПК-2: У-2)

#### Вариант 1

Модель объекта описывается следующим линейным алгебраическим уравнением:  $Y = a + v * X$ , где  $X$  – вход объекта,  $Y$  – выход,  $a$  и  $v$  – неизвестные параметры. Для определения параметров модели  $a$  и  $v$  проведена серия из 10 экспериментов, результаты которых приведены в таблице. Найти параметры модели  $a$  и  $v$  при помощи МНК.

| Номер эксперимента $i$ | Вход $X_i$ | Выход $Y_i$ |
|------------------------|------------|-------------|
| 1                      | 2,95       | 5,40        |
| 2                      | 3,13       | 5,71        |
| 3                      | 3,42       | 6,35        |
| 4                      | 2,71       | 4,96        |
| 5                      | 3,02       | 5,53        |
| 6                      | 3,84       | 7,19        |
| 7                      | 2,92       | 5,37        |
| 8                      | 3,13       | 5,71        |
| 9                      | 2,17       | 3,86        |
| 10                     | 1          | 1,44        |

#### Вариант 2

Модель объекта описывается следующим линейным алгебраическим уравнением:  $Y = a * X + v * Z$ , где  $X$  и  $Z$  – 2 входа объекта,  $Y$  – выход,  $a$  и  $v$  – неизвестные параметры. Для определения параметров модели  $a$  и  $v$  проведена серия из 8 экспериментов, результаты которых приведены в таблице. Найти параметры модели  $a$  и  $v$  при помощи МНК.

| Номер эксперимента $i$ | Вход $X_i$ | Вход $Z_i$ | Выход $Y_i$ |
|------------------------|------------|------------|-------------|
| 1                      | 1,2        | 0,7        | 1,27        |
| 2                      | 1,5        | 0,1        | 0,83        |
| 3                      | 0,8        | 0,5        | 0,92        |
| 4                      | 0,5        | 0,3        | 0,57        |
| 5                      | 1          | 0,2        | 0,67        |
| 6                      | 2          | 0,8        | 1,83        |
| 7                      | 2,2        | 0,9        | 2,02        |
| 8                      | 1,4        | 1          | 1,67        |

#### Перечень заданий на контрольную работу № 3 (текущий контроль успеваемости)

(ОПК-2: 3-1; ОПК-2: 3-2; ОПК-2: У-2; ОПК-2: В-2; ОПК-13: В-2)

#### Вариант 1

На языке программирования, которым Вы владеете, напишите программу моделирования переходной функции замкнутой системы, структурная схема которой приведена на рисунке 1, в течение времени  $t = 20 \text{ с}$  с выводом на экран сигнала  $Y(t)$ .

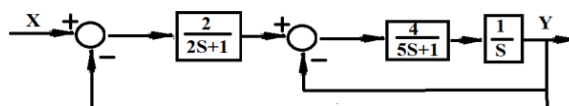


Рисунок 1

#### Вариант 2

На языке программирования, которым Вы владеете, напишите программу моделирования переходной функции замкнутой системы, структурная схема которой приведена на рисунке 2, в течение времени  $t = 20 \text{ с}$  с выводом на экран сигнала  $Y(t)$ .

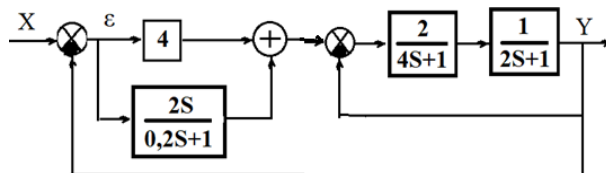


Рисунок 2

### 5.1.7. Комплект вопросов для защиты домашних заданий (текущий контроль успеваемости)

#### Домашнее задание 1

(ОПК-2: 3-1; ОПК-13: 3-2; ОПК-13: У-1; ОПК-2:У-1 )

1. В каких формах могут быть представлены математические модели статических объектов?
2. В каких формах могут быть представлены математические модели динамических объектов?
3. В чем отличие статических объектов от динамических?
4. Физический смысл дифференциального уравнения, моделирующего динамический технологический объект.
5. Что такое переходная (разгонная) характеристика динамического объекта?
6. Что такое импульсная переходная (весовая) характеристика динамического объекта
7. Что представляет собой единичное ступенчатое воздействие?
8. Что такое единичный импульс?
9. Как связаны весовая и разгонная характеристики?
10. Какие временные характеристики Вы знаете?
11. Что такое передаточная функция линейного динамического звена или системы
12. Как получить передаточную функцию динамического звена зная его дифференциальное уравнение?
13. Что показывает амплитудная частотная характеристика?
14. Что показывает фазовая частотная характеристика?
15. Как можно получить переходную характеристику динамического звена по дифференциальному уравнению
16. Как можно получить переходную характеристику динамического звена по его передаточной функции?
17. Как можно получить переходную характеристику динамического звена экспериментально
18. Как можно получить импульсную переходную (весовую) характеристику динамического звена экспериментально?
19. Что показывает частная составляющая решения дифференциального уравнения?
20. Что показывает общая составляющая решения дифференциального уравнения?
21. В каком виде может быть представлена дискретная модель линейного динамического звена?
22. В чем отличие результатов моделирования динамического звена с использованием непрерывной и дискретной моделей?

#### Домашнее задание 2

(ОПК-2: У-1; ОПК-2: В-1; УДК-9.2: 3-1; ОПК-2: 3-1; ОПК-2: У-3)

1. Что такое свободное движение динамической системы?
2. Что такое координаты состояния динамической системы?
3. От чего зависит количество координат состояния, необходимых для описания линейной динамической системы?
4. Как может быть выбрана первая и последующие координаты состояния для линейной динамической системы? Сколько способов выбора существует?
5. Какой рациональный способ выбора координат состояния для линейной динамической системы при отсутствии производных от входного сигнала в дифференциальном уравнении Вы знаете?
6. Какой рациональный способ выбора координат состояния для линейной динамической системы при наличии производных от входного сигнала в дифференциальном уравнении Вы знаете?
7. Какова размерность собственной матрицы (матрицы А) в матричной форме модели в пространстве состояний?
8. Какова размерность матрицы состава измерений (матрицы С) в матричной форме модели в пространстве состояний?
9. Какова размерность матрицы управления (матрицы В) в матричной форме модели в пространстве состояний?
10. Как оценить устойчивость линейной динамической системы по ее матричной форме модели в пространстве состояний?
11. Что такое наблюдаемость динамической системы?
12. Что такое управляемость динамической системы?
13. Сформулируйте теорему о наблюдаемости линейной динамической системы?
14. Сформулируйте теорему об управляемости линейной динамической системы?
15. Какую форму модели линейной динамической системы целесообразно использовать для оценки наблюдаемости
16. Какую форму модели линейной динамической системы целесообразно использовать для оценки управляемости?
17. Что представляет собой наблюдатель состояния?
18. Для каких целей используются наблюдатели состояния?
19. Необходимое условие сходимости процесса наблюдения состояния?
20. Как повысить скорость процесса наблюдения?
21. Почему не стоит добиваться слишком высокой скорости переходных процессов в наблюдателе?
22. Какие предположения о поведении возмущения используются при совместной оценке координат состояния и медленно меняющегося входного возмущения?

Экзаменационный билет включает в себя фундаментальный теоретический вопрос и прикладной теоретический вопрос из установленного перечня контрольных вопросов, используемых при формировании экзаменационных билетов при оценке знаний обучающихся на экзамене по темам, изложенным в разделах 1-11 данной РПД, а также практическое задание из установленного перечня контрольных заданий, используемых при формировании экзаменационных билетов при оценке знаний обучающихся на экзамене по темам, изложенным в разделах 2 - 10 данной РПД.

Пример экзаменационного билета:

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. А.А. Угарова  
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСИС»  
Кафедра «Автоматизированных и информационных систем управления им. Ю.И. Ерёмченко»  
15.03.04 - Автоматизация технологических процессов и производств  
Профиль – Автоматизация технологических процессов  
и производств (горно-металлургическое производство)  
Дисциплина «Моделирование процессов и систем»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Модель, моделирование, эффективность моделирования. От чего зависят требования к моделям  
2. Построение переходных процессов в непрерывных динамических системах при помощи ЭВМ методом структурного моделирования. Выбор периода дискретности в этом методе.  
3. Дифференциальное уравнение объекта имеет вид:  

$$4 \cdot Y'''(t) + 4 \cdot Y''(t) + 2 \cdot Y'(t) + Y(t) = 2 \cdot u(t)$$
Измеряется вход объекта  $u(t)$  и выход  $Y(t)$ . Оценить управляемость этого объекта.

Экзаменатор \_\_\_\_\_ В.А. Кривоносов  
Утверждено на заседании кафедры АИСУ им. Ю.И. Ерёмченко  
Протоколом № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2025 г.  
И.о. зав. кафедрой АИСУ им. Ю.И. Ерёмченко \_\_\_\_\_ Д.А. Полещенко

Билеты в бумажном виде хранятся на кафедре АИСУ и утверждены ее заведующим (или заместителем зав. кафедрой).

#### 5.4. Методика оценки результатов обучения по дисциплине

| № п/п | Вид оценочного средства                    | Критерий                                                                                                                                                                                  | Оценка                |
|-------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1.    | Выполнение контрольных работ по дисциплине | Задание выполнено полностью и без ошибок. Ход решения правильно аргументирован                                                                                                            | «Отлично»             |
|       |                                            | Задание выполнено полностью, но допущены небольшие погрешности в результате, или отсутствует необходимая аргументация по ходу работы                                                      | «Хорошо»              |
|       |                                            | Ход выполнения задания правильный, но допущены ошибки, которые привели к существенным искажениям результата.                                                                              | «Удовлетворительно»   |
|       |                                            | Ход выполнения задания выбран не верно, допущены грубые ошибки, что привело к неправильному результату или к незавершенному заданию                                                       | «Неудовлетворительно» |
| 2.    | Выполнение и защита домашних заданий       | Обучающийся самостоятельно выполняет полное и аргументированное решение индивидуальных заданий, не допустив ошибок. При защите заданий отвечает развернуто и исчерпывающе на все вопросы. | «Отлично»             |
|       |                                            | Обучающийся практически самостоятельно выполняет полное решение заданий, но не может аргументировать свое решение. При защите заданий допускает незначительные неточности.                | «Хорошо»              |
|       |                                            | Обучающийся в целом правильно решает задание, но не может аргументировать свое решение. При                                                                                               | «Удовлетворительно»   |

|  |    |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                       |  |
|--|----|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--|
|  |    |                                                                       | защите заданий допускает значительные неточности.<br>Обучающийся правильно понимает способ решения заданий, но допускает ошибки при их решении. Задание выполнено частично. При защите заданий допускает значительные неточности.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |  |
|  |    |                                                                       | Обучающийся не может решить задание.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | «Неудовлетворительно» |  |
|  | 3. | Устный экспресс опрос по материалам лекционных и практических занятий | Обучающийся уверенно, логически связно, динамично, грамотно отвечает на поставленные вопросы. Демонстрирует абсолютное понимание темы обсуждаемой предметной области, достаточно полные знания в объеме прослушанного теоретического материала. Грамотно владеет и адекватно использует терминологию предметной области.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | «Зачтено»             |  |
|  |    |                                                                       | Обучающийся не верно интерпретирует поставленные вопросы, не владеет терминологией предметной области, не понимает сущности обсуждаемой проблемы. Невнятно, невразумительно, неуверенно, неверно формулирует ответы на дополнительные и наводящие вопросы и/или не отвечает на них.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | «Не зачтено»          |  |
|  | 4. | Экзамен                                                               | Компетенции УК 1, ОПК 2, ОПК 13 сформированы.<br>Обучающийся демонстрирует:<br>- глубокие знания содержания изученной дисциплины во взаимосвязи с другими дисциплинами;<br>- способность использовать теоретические знания при выполнении практических заданий;<br>- аргументированные, исчерпывающие ответы на все вопросы по билету, а также дополнительные вопросы экзаменатора;<br>- умение выполнять и обосновывать решение практических заданий высокого уровня сложности;<br>- наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам;<br>- свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы. | «Отлично»             |  |
|  |    |                                                                       | Компетенции УК 1, ОПК 2, ОПК 13 сформированы.<br>Обучающийся демонстрирует:<br>- знание основных терминов по содержанию изученной дисциплины;<br>- твердые знания теоретического материала;<br>- умение дать четкие ответы на поставленные вопросы;<br>- умение решать практические задания;<br>- владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины. Допускаются незначительные неточности в ответах на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий.                                                                                                                                                                                    | «Хорошо»              |  |
|  |    |                                                                       | Компетенции УК 1, ОПК 2, ОПК 13 сформированы.<br>Обучающийся демонстрирует:<br>- знания теоретического материала по изученной дисциплине;<br>- неполные ответы на основные вопросы, допуская ошибки в ответе; недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;<br>- неточные ответы на дополнительные вопросы;<br>- умение выполнять практические задания без грубых ошибок;<br>- недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины.                                                                                                                                                                                                          | «Удовлетворительно»   |  |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                       |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--|
|  |  | Компетенции УК 1, ОПК 2, ОПК 13 не сформированы.<br>Обучающийся демонстрирует:<br>- существенные пробелы в знаниях учебного материала;<br>- принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствие знаний и понимания основных терминов и определений;<br>- непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета;<br>- отсутствие навыка или существенные ошибки при выполнении практических заданий;<br>- незнание литературы, рекомендованной программой дисциплины. | «Неудовлетворительно» |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--|

|                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                   |                                                                                                    |                                   |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                   |                                                                                                    |                                   |
| 6.1. Рекомендуемая литература                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                   |                                                                                                    |                                   |
| 6.1.1 Основная литература                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                   |                                                                                                    |                                   |
| Обозначение                                                               | Авторы, составители                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Заглавие                                                                                                          | Библиотека                                                                                         | Издательство, год                 |
| Л 1.1                                                                     | Горлач Б.А.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация                                           | НТБ СТИ НИТУ МИСИС                                                                                 | "Лань", 2021                      |
| Л 1.2                                                                     | Под редакцией Е. В. Стельмашонок                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Моделирование процессов и систем : учебник и практикум для вузов                                                  | ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/451012">https://urait.ru/bcode/451012</a> | Москва: Издательство Юрайт, 2020  |
| Л 1.3                                                                     | Боева Л.М.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Математические методы и модели в решении организационных задач управления металлургическим производством          | НТБ СТИ НИТУ МИСИС                                                                                 | СТИ НИТУ МИСИС, 2021              |
| 6.1.2 Дополнительная литература                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                   |                                                                                                    |                                   |
| Обозначение                                                               | Авторы, составители                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Заглавие                                                                                                          | Библиотека                                                                                         | Издательство, год                 |
| Л 2.1                                                                     | Прудковский Б.А.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Зачем металлургу математические модели ?                                                                          | НТБ СТИ НИТУ МИСИС                                                                                 | ЛЕНАНД, 2019                      |
| Л 2.2                                                                     | Полезенко Д.А.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Инструментальные средства моделирования и управления                                                              | НТБ СТИ НИТУ МИСИС                                                                                 | СТИ НИТУ МИСИС, 2018              |
| Л 2.3                                                                     | В. Н. Волкова [и др.]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Моделирование систем и процессов. Практикум : учебное пособие для вузов                                           | ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/451288">https://urait.ru/bcode/451288</a> | Москва : Издательство Юрайт, 2020 |
| Л 2.4                                                                     | Алпатов Ю.Н.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Математическое моделирование производственных процессов                                                           | НТБ СТИ НИТУ МИСИС                                                                                 | СПб.: Лань, 2021                  |
| 6.1.3 Методические материалы                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                   |                                                                                                    |                                   |
| Обозначение                                                               | Авторы, составители                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Заглавие                                                                                                          | Библиотека                                                                                         | Издательство, год                 |
| Л 3.1                                                                     | В.А. Кривоносов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Моделирование процессов и систем. Курс лекций                                                                     | НТБ СТИ НИТУ МИСИС                                                                                 | СТИ НИТУ «МИСИС», 2021            |
| Л 3.2                                                                     | В.А. Кривоносов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Моделирование процессов и систем. Методические рекомендации к практическим занятиям                               | НТБ СТИ НИТУ МИСИС                                                                                 | СТИ НИТУ «МИСИС», 2021            |
| Л 3.3                                                                     | В.А. Кривоносов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Моделирование процессов и систем. Методические указания для самостоятельной работы по выполнению домашних заданий | НТБ СТИ НИТУ МИСИС                                                                                 | СТИ НИТУ «МИСИС», 2021            |
| 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                   |                                                                                                    |                                   |
| Э. 1                                                                      | Под ред. Стельмашонок Е.В.-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ. Учебник и практикум для академического бакалавриата-М.:Издательство Юрайт,2019-289-Бакалавр. Академический курс-978-5-534-04653-3: -Текст электронный // ЭБС Юрайт - <a href="https://biblio-online.ru/book/modelirovanie-processov-i-sistem-433623">https://biblio-online.ru/book/modelirovanie-processov-i-sistem-433623</a> |                                                                                                                   |                                                                                                    |                                   |
| Э. 2                                                                      | Петров А.В. — Моделирование процессов и систем - Издательство "Лань" - 2018 - ISBN: 978-5-8114-1886-2 - Текст электронный // ЭБС Лань - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/68472">https://e.lanbook.com/book/68472</a>                                                                                                                                                                |                                                                                                                   |                                                                                                    |                                   |
| 6.3. Перечень программного обеспечения                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                   |                                                                                                    |                                   |
| П. 1                                                                      | Microsoft Windows                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                   |                                                                                                    |                                   |

|                                                                                     |                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| П. 2                                                                                | Microsoft office                                                                                                                   |
| П. 3                                                                                | 7- Zip (свободно распространяемое программное обеспечение)                                                                         |
| П. 4                                                                                | PTC Mathcad Express (свободно распространяемое программное обеспечение)                                                            |
| П. 5                                                                                | VMLAB (свободно распространяемое программное обеспечение)                                                                          |
| П. 6                                                                                | Kaspersky Endpoint Security                                                                                                        |
| П. 7                                                                                | MATLAB;                                                                                                                            |
| П. 8                                                                                | Simatic STEP7;                                                                                                                     |
| <b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b> |                                                                                                                                    |
| И. 1                                                                                | LMS Moodle <a href="https://open.misis.ru/">https://open.misis.ru/</a>                                                             |
| И. 2                                                                                | Университетская информационная система РОССИЯ: <a href="https://uisrussia.msu.ru/">https://uisrussia.msu.ru/</a>                   |
| И. 3                                                                                | Федеральный портал «Российское образование»: <a href="http://edu.ru">http://edu.ru</a>                                             |
| И. 4                                                                                | Открытое образование: <a href="http://openedu.ru">http://openedu.ru</a>                                                            |
| И. 5                                                                                | Российская государственная библиотека: <a href="http://www.rsl.ru">http://www.rsl.ru</a>                                           |
| И. 6                                                                                | Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a> |
| И. 7                                                                                | Электронная библиотека НИТУ «МИСИС»: <a href="http://elibrary.misis.ru">http://elibrary.misis.ru</a>                               |
| И. 8                                                                                | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>                                  |

| <b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.1                                                      | 406 «Лаборатория прикладного программирования»<br>1. Монитор - 9шт.<br>2. Персональный компьютер - 9шт.<br>3. Проектор<br>4. Экран настенный<br>5. Усилитель-распределитель<br>6. Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест.                                                                                                 |
| 7.2                                                      | 306 «Кабинет для самостоятельной работы»<br>1. Проектор<br>2. Доска<br>3. Экран настенный<br>4. Компьютер – 6 шт<br>5. Комплект учебной мебели на 20 человек<br>В помещении для самостоятельной работы обучающихся имеется подключение к сети «Интернет» и доступ в электронную информационно-образовательную среду организации. |

| <b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Для успешного освоения дисциплины "Моделирование процессов и систем" в 5 семестре обучающемуся необходимо:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Посещать все виды занятий.</li> <li>2. Отчеты по практическим работам рекомендуется выполнять с использованием MS Office, допускается выполнять в рукописном виде.</li> <li>3. Активно работать с научными базами в сети Интернет.</li> <li>4. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации.</li> </ol> <p><b>КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b></p> <p>Оценка качества подготовки обучающихся проводится с целью контроля освоения обучающимися совокупности компетенций (частей компетенций) на этапе изучения данной дисциплины. Освоение компетенций характеризуются определенными знаниями, умениями и навыками, опытом профессиональной деятельности, которые оцениваются как в процессе изучения дисциплины (текущий контроль успеваемости), так и по завершении изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестаций обучающихся сформированы оценочные средства.</p> <p><b>Текущий контроль успеваемости</b></p> <p>Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине проводится в форме:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- устный опрос на практических занятиях и лекционных занятиях;</li> <li>- контрольные работы по 6 – 8 разделам изучаемой дисциплины;</li> <li>- домашнее задание 1 по разделу 4, выполняемое обучающимися самостоятельно;</li> <li>- домашнее задание 2 по разделам 9 - 11, выполняемое обучающимися самостоятельно.</li> </ul> <p>По результатам выполнения ДЗ1 и ДЗ2 обучающиеся оформляют отчеты (по ГОСТ 7.32–2017 Отчет о научно-исследовательской работе).</p> <p>Структурными элементами отчета по ДЗ являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- титульный лист;</li> <li>- содержание;</li> <li>- номер варианта, формулировку задания и исходные данные;</li> <li>- необходимые схемы (исходные и промежуточные);</li> <li>- расчётные формулы и полученные численные результаты;</li> </ul> |

- выводы по проделанной работе;
- необходимые для расчётов справочные данные;
- список использованных источников;
- приложения.

#### **Промежуточная аттестация**

Учебным планом ОПОП ВО по дисциплине предусматривается промежуточная аттестация в форме экзамена в 5 семестре. Промежуточная аттестация проводится с целью оценки качества освоения обучающимися содержания дисциплины. При проведении промежуточной аттестации обучающийся демонстрирует знания, умения и навыки, приобретенные в процессе изучения дисциплины, которые характеризуют результат освоения совокупности компетенций (частей компетенций) на этапе изучения данной дисциплины.

Результаты обучения по дисциплине, характеризующие освоение совокупности компетенций (части компетенций), при проведении промежуточной аттестации оцениваются по четырех балльной системе.

#### **Система оценивания результатов освоения дисциплины**

Порядок, определяющий процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций, определен в Положении «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, текущем контроле посещения обучающимися аудиторных занятий в НИТУ «МИСИС» П 239.09- 18, выпуск 2».