



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)
Институт математики и информационных технологий



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Б1.В.01 Моделирование процессов управления в технических системах

Направление подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) подготовки	Математическое моделирование
Квалификация выпускника	магистр
Форма обучения	очная

Иркутск 2022 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели:

Изучить методы моделирования и проектирования систем управления.

Задачи:

1. Изучить принципы построения и проектирования систем управления.
2. Получить опыт применения основных методов исследования, анализа и синтеза систем управления.
3. Изучить математические методы и специализированное программное обеспечение определения систем управления.
4. Изучить методы проектирования автоматизированных и автоматических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина Б1.В.01 Моделирование процессов управления в технических системах относится к части Блока 1 образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика:

ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы при исследовании самостоятельных тем и по тематике организации;

ПК-2 Способен осуществлять научное руководство в соответствующей области знаний;

ПК-4 Способен осуществлять деятельность, направленную на решение задач аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

основные понятия, положения, принципы теории автоматического управления;

типы систем управления, основные элементы автоматических систем;

основные принципы и математические методы анализа автоматических систем;

методы описания и математического моделирования автоматических и автоматизированных систем, методы определения характеристик систем управления;

уметь:

применять методы теории автоматического управления при решении прикладных задач;

разрабатывать математические модели автоматических и автоматизированных систем, процессов управления, анализировать свойства автоматических систем;

использовать математические методы и специализированное программное обеспечение при решении задач проектирования автоматических и автоматизированных систем, моделирования процессов управления;

владеть:

навыками определения характеристик автоматических систем и решения задач

проектирования автоматических и автоматизированных систем, моделирования процессов управления.

4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетных ед., 144 час.

Форма промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

Раздел дисциплины / тема	Сем.	Виды учебной работы			Самост. работа	Формы текущего контроля; Формы промежут. аттестации
		Контактная работа преподавателя с обучающимися				
		Лекции	Лаб. занятия	Практ. занятия		
Тема 1. Процессы управления. Основные положения теории автоматического управления	2	6	6		20	Защита отчетов по лабораторным работам
Тема 2. Моделирование и характеристики автоматических систем	2	4	18		30	Защита отчетов по лабораторным работам
Тема 3. Синтез автоматических систем	2	4	18		30	Защита отчетов по лабораторным работам Контрольное домашнее задание (защита)
Итого (2 семестр):		14	42		80	зач.с оц.

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Раздел дисциплины / тема	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самост. работы
	Вид самост. работы	Сроки выполнения	Затраты времени		
Тема 1	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторным работам Подготовка отчета по лабораторным работам		20		[1], [2], [3], [4]

Тема 2	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторным работам Подготовка отчета по лабораторным работам		30		[1], [2], [3], [4]
Тема 3	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторным работам Подготовка отчета по лабораторным работам Подготовка и защита контрольного домашнего задания		30		[1], [2], [3], [4]
Общая трудоемкость самостоятельной работы (час.)			80		
Из них с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час.)					

4.3. Содержание учебного материала

Тема1.

Основные понятия теории автоматического управления. Принципы управления. Понятие об автоматике и автоматических системах. Основные понятия и определения теории автоматических систем. Структурная схема автоматической системы. Классификация автоматических систем. Принципы управления. Звено структурной схемы автоматической системы и методы описания звеньев. Линейные и нелинейные автоматические системы. Оператор автоматической системы. Передаточная функция автоматической системы. Типовые автоматические звенья. Соединения динамических звеньев. Эквивалентные преобразования структурных схем автоматических систем.

Тема2.

Стандартные входные сигналы. Временные характеристики динамических звеньев и автоматических систем. Частотные характеристики динамических звеньев и автоматических систем. Логарифмические частотные характеристики. Динамические характеристики типовых звеньев и автоматических систем. Методы анализа основных динамических свойств линейных систем. Понятие устойчивости объекта управления и автоматической системы. Показатели качества автоматической системы и методы их определения.

Тема3.

Понятие о синтезе системы автоматического управления и автоматической системы. Синтез автоматических систем на основе ПИД-регуляторов. Коррекция свойств автоматической системы. Синтез автоматической системы с последовательным корректирующим устройством.

Общие сведения о дискретных автоматических системах. Особенности математического описания дискретных автоматических систем.

Общие сведения о многомерных автоматических системах. Основные динамические свойства многомерных автоматических систем в пространстве состояний.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

Тема занятия	Всего часов	Оценочные средства	Формируемые компетенции
Тема 1 Лабораторное занятие 1. Основы моделирования систем управления с использованием компьютерных систем моделирования	6		ПК-1 ПК-2 ПК-4
Тема 2 Лабораторное занятие 2. Математическая модель процесса управления	6		ПК-1 ПК-2 ПК-4
Тема 2 Лабораторное занятие 3. Компьютерная модель процесса управления	6		ПК-1 ПК-2 ПК-4
Тема 2 Лабораторное занятие 4. Исследование характеристик системы управления	6		ПК-1 ПК-2 ПК-4
Тема 3 Лабораторное занятие 5. Синтез автоматической системы	6		ПК-1 ПК-2 ПК-4
Тема 3 Лабораторное занятие 6. Исследование свойств автоматической системы и ее коррекция	6		ПК-1 ПК-2 ПК-4
Тема 3 Лабораторное занятие 7. Синтез автоматической системы с заданными характеристиками	6		ПК-1 ПК-2 ПК-4

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы

Тема	Задание	Формируемые компетенции

Тема 1	<p>Основные понятия теории автоматического управления. Принципы управления. Понятие об автоматике и автоматических системах. Основные понятия и определения теории автоматических систем. Структурная схема автоматической системы. Классификация автоматических систем. Принципы управления. Звено структурной схемы автоматической системы и методы описания звеньев. Линейные и нелинейные автоматически системы. Оператор автоматической системы. Передаточная функция автоматической системы. Типовые автоматические звенья. Соединения динамических звеньев. Эквивалентные преобразования структурных схем автоматических систем.</p>	<p>ПК-1 ПК-2 ПК-4</p>
Тема 2	<p>Стандартные входные сигналы. Временные характеристики динамических звеньев и автоматических систем. Частотные характеристики динамических звеньев и автоматических систем. Логарифмические частотные характеристики. Динамические характеристики типовых звеньев и автоматических систем. Методы анализа основных динамических свойств линейных систем. Понятие устойчивости объекта управления и автоматической системы. Показатели качества автоматической системы и методы их определения.</p>	<p>ПК-1 ПК-2 ПК-4</p>
Тема 3	<p>Понятие о синтезе системы автоматического управления и автоматической системы. Синтез автоматических систем на основе ПИД-регуляторов. Коррекция свойств автоматической системы. Синтез автоматической системы с последовательным корректирующим устройством. Общие сведения о дискретных автоматических системах. Особенности математического описания дискретных автоматических систем. Общие сведения о многомерных автоматических системах. Основные динамические свойства многомерных автоматических систем в пространстве состояний.</p>	<p>ПК-1 ПК-2 ПК-4</p>

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования. Согласно требованиям нормативных документов самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков

осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов. Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ. Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;
- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;
- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;
- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;
- развитие навыков самоорганизации;
- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Подготовка к лекции. Качество освоения содержания конкретной дисциплины прямо зависит от того, насколько студент сам, без внешнего принуждения формирует у себя установку на получение на лекциях новых знаний, дополняющих уже имеющиеся по данной дисциплине. Время на подготовку студентов к двухчасовой лекции по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к практическому занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми он станет пользоваться на практическом занятии. Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми предстоит учебная работа. Студенты должны дома подготовить к занятию 3–4 примера формулировки темы исследования, представленного в монографиях, научных статьях, отчетах. Затем они самостоятельно осуществляют поиск соответствующих источников, определяют актуальность конкретного исследования процессов и явлений, выделяют основные способы доказательства авторами научных работ ценности того, чем они занимаются. В ходе самого практического занятия студенты сначала представляют найденные ими варианты формулировки актуальности исследования, обсуждают их и обосновывают свое мнение о наилучшем варианте. Время на подготовку к практическому занятию по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

Подготовка к контрольной работе. Контрольная работа назначается после изучения определенного раздела (разделов) дисциплины и представляет собой совокупность развернутых письменных ответов студентов на вопросы, которые они заранее получают от преподавателя. Самостоятельная подготовка к контрольной работе включает в себя: — изучение конспектов лекций, раскрывающих материал, знание которого проверяется контрольной работой; повторение учебного материала, полученного при подготовке к семинарским, практическим занятиям и во время их проведения; изучение дополнительной литературы, в которой конкретизируется содержание проверяемых знаний; составление в мысленной форме ответов на поставленные в контрольной работе вопросы; формирование психологической установки на успешное

выполнение всех заданий. Время на подготовку к контрольной работе по нормативам составляет 2 часа.

Подготовка к зачету. Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра. Подготовка включает следующие действия: перечитать все лекции, а также материалы, которые готовились к семинарским и практическим занятиям в течение семестра, соотнести эту информацию с вопросами, которые даны к зачету, если информации недостаточно, ответы находят в предложенной преподавателем литературе. Рекомендуется делать краткие записи. Время на подготовку к зачету по нормативам составляет не менее 4 часов.

В ФБГОУ ВО «ИГУ» организация самостоятельной работы студентов регламентируется Положением о самостоятельной работе студентов, принятым Ученым советом ИГУ 22 июня 2012 г.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Ягодкина, Т. В. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Т. В. Ягодкина, В. М. Беседин. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 470 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06483-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489520> (дата обращения: 30.05.2022).

2. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Линейные системы : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00799-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491122> (дата обращения: 11.05.2022).

3. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 441 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00975-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491183> (дата обращения: 30.05.2022).

4. Кудинов, Ю. И. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK) : учебное пособие / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пашенко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 312 с. — ISBN 978-5-8114-1994-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205955> (дата обращения: 11.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

1. Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие для вузов / А. А. Первозванский. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 616 с. — ISBN 978-5-8114-8780-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/180825> (дата обращения: 11.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Ощепков, А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB : учебное пособие для вузов / А. Ю. Ощепков. — 4-е изд., стер.

— Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-8544-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/177027> (дата обращения: 11.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Еремин, Е. Л. Системы автоматического управления: Лабораторный практикум (MatLab-Simulink) : учебное пособие / Е. Л. Еремин, И. Е. Еремин. — Благовещенск : АмГУ, 2017. — 99 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/156446> (дата обращения: 11.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Молоканова Н. П. Автоматическое управление. Курс лекций с решением задач и лабораторных работ: учебное пособие -: Форум, 2019.

5. Гальперин М.В. Автоматическое управление: учебник – М.: ИД «Форум»: Инфра-М, 2019.

6. Рачков, М. Ю. Оптимальное управление в технических системах : учебное пособие для вузов / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09144-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491649> (дата обращения: 30.05.2022).

7. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Задачник : учебное пособие для вузов / Д. П. Ким. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 331 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01459-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491186> (дата обращения: 30.05.2022).

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Единое окно к образовательным ресурсам - URL: <https://window.edu.ru> (дата обращения: 04.05.2022).

2. Открытое образование - URL: <https://openedu.ru/> (дата обращения: 11.05.2022).

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование

6.2. Программное обеспечение

1. Scilab, Xcos – свободно распространяемое программное обеспечение - URL: <https://www.scilab.org/> (дата обращения: 11.05.2022).
2. Matlab, Simulink.
3. Документация Matlab - URL: <https://docs.exponenta.ru/> (дата обращения: 04.05.2022)
4. Документация Scilab - URL: <https://www.scilab.org/> (дата обращения: 04.05.2022)

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Оценочные средства текущего контроля

Вид контроля	Контролируемые темы	Контролируемые компетенции
Контрольное домашнее задание	1, 2,3	ПК-1 ПК-2 ПК-4

Примеры оценочных средств текущего контроля

Контрольное домашнее задание

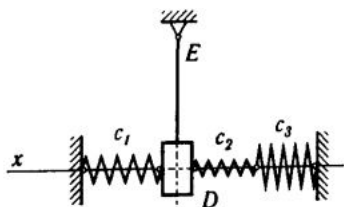
Контрольное домашнее задание выполняется по индивидуальным вариантам, выдаваемым студентам преподавателем.

Типовое задание к контрольному домашнему заданию

Разработать математическую и компьютерную модель объекта управления и автоматической системы согласно варианту, исследовать свойства и характеристики автоматической системы, разработать варианты коррекции свойств системы для обеспечения заданных характеристик управления.

Типовые варианты (примеры):

Вариант 1



$$F_1 = c_1(\Delta l_1 - l_{01})$$

$$F_2 = c_2(\Delta l_2 - l_{02})$$

$$F_3 = c_3(\Delta l_3 - l_{03})$$

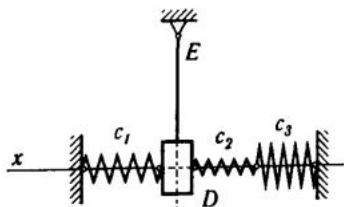
Управляющая точка - 3.

Перемещение груза D считаем линейным.

Положение точки x_{10} определяется равновесным состоянием системы при ED

в вертикальном положении.

Вариант 2



$$F_1 = c_1(\Delta l_1 - l_{01})$$

$$F_2 = c_2(\Delta l_2 - l_{02})$$

$$F_3 = c_3(\Delta l_3 - l_{03})$$

Управляющая точка - 1.

Перемещение груза D считаем линейным.

Положение точки x_{30} определяется равновесным состоянием системы при

ED в вертикальном положении.

7.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Список вопросов для промежуточной аттестации:

1. Основные понятия и определения.
2. Структурная схема автоматической системы (АС).
3. Принципы управления.
4. Классификация АС.
5. Математические модели АС.
6. Оператор АС.
7. Статические и динамические характеристики АС.
8. Типовые звенья АС.
9. Соединения динамических звеньев (последовательное, параллельное, соединение с обратной связью).
10. Типовые (стандартные) входные воздействия.
11. Характеристики звеньев и систем. Временные характеристики (переходная функция).
12. Характеристики звеньев и систем. Временные характеристики (весовая функция).
13. Характеристики звеньев и систем. Частотные характеристики.
14. Логарифмические частотные характеристики.
15. Динамические характеристики типовых звеньев.
16. Устойчивость АС.
17. Понятие качества АС.
18. Показатели качества АС в переходном режиме (временные показатели качества).
19. Понятие точности АС.
20. Статические и астатические АС.
21. Чувствительность АС.
22. Понятие о синтезе АС.
23. Коррекция свойств АС. Последовательное корректирующее устройство.
24. Коррекция свойств АС. Параллельное корректирующее устройство.
25. Коррекция свойств АС. Корректирующие обратные связи.
26. Синтез АС с последовательным корректирующим устройством. Построение структурной схемы АС.
27. Синтез АС с последовательным корректирующим устройством. Желаемая логарифмическая амплитудная характеристика.
28. Понятие управляемости динамических систем.
29. Критерий управляемости.
30. Наблюдаемость.
31. Понятие ПИД регулятора и его синтез.
32. Понятие о нелинейных АС. Оператор нелинейной АС.
33. Анализ динамических свойств нелинейных АС.

34. Понятие о дискретных АС.
35. Понятие о многомерных АС со многими входами и выходами.
36. Синтез управления АС в пространстве состояний.
37. Устойчивость, управляемость и наблюдаемость многомерных АС.

Разработчик: Разработчик: Кривель Сергей Михайлович, кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры