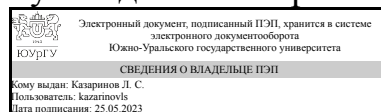


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



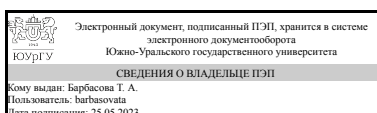
Л. С. Казаринов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.22 Моделирование систем управления
для направления 27.03.04 Управление в технических системах
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Автоматика и управление

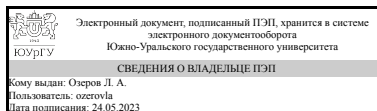
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах, утверждённым приказом Минобрнауки от 31.07.2020 № 871

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., доц.



Т. А. Барбасова

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



Л. А. Озеров

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины «Моделирование систем управления (МСУ)» заключается в формировании у специалистов технических и научно обоснованных подходов к решению проблем, связанных с построением математических моделей технических и информационных систем и с дальнейшим использованием их для анализа и синтеза систем, с использованием моделирующих программ и комплексов для исследования полученных моделей. Задачи преподавания и изучения дисциплины состоят в овладении специалистами определенным объемом знаний, умений и навыков в области моделирования систем, в том числе знанием существующих классификаций моделей и видов моделирования; примеров моделей систем; основных положений теории подобия; этапов математического моделирования; принципов построения и основных требования к математическим моделям систем; целей и задач исследования математических моделей систем, общих схем разработки математических моделей; формализации процесса функционирования системы; понятия агрегативной модели; форм представления математических моделей; методов исследования математических моделей систем и процессов; имитационного моделирования; методов упрощения математических моделей; технических и программных средств моделирования; анализа и синтеза систем и средств управления; методов и средств автоматизация моделирования и испытаний электронных систем и средств управления; умением строить математические модели технических систем; разрабатывать регуляторы для управления объектами различной физической природы; анализировать и повышать качество функционирования систем автоматизации и управления; использовать математическое моделирование и системы автоматизированного проектирования при создании и совершенствовании систем автоматизации и управления; в приобретении навыков построения математических моделей технических систем, технологических процессов и производств как объектов автоматизации и управления; разработки математических моделей систем автоматизации и управления объектами различной физической природы; совершенствования методов моделирования, анализа и синтеза систем управления объектами различной природы; работы с существующими программами компьютерного моделирования систем.

Краткое содержание дисциплины

Дисциплина МСУ включает изучение следующих вопросов: классификация моделей и виды моделирования; примеры моделей систем; основные положения теории подобия; этапы математического моделирования; принципы построения и основные требования к математическим моделям систем; цели и задачи исследования математических моделей систем; общая схема разработки математических моделей; формализация процесса функционирования системы; понятие агрегативной модели; формы представления математических моделей; методы исследования математических моделей систем и процессов; имитационное моделирование; методы упрощения математических моделей; технические и программные средства моделирования.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	Знает: использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности с использованием методологии принятия решений и управления в сложных системах Умеет: использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности с использованием моделирования систем управления Имеет практический опыт: использования фундаментальных знаний для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности с использованием моделирования систем управления
ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	Знает: способы оценки эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов и моделирования систем управления Умеет: оценивать эффективность систем управления, разработанных на основе математических методов и моделирования систем управления Имеет практический опыт: владения навыками оценки эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов и моделирования систем управления

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.20 Теория автоматического управления	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.20 Теория автоматического управления	Знает: как использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности с использованием теории автоматического управления, как осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов с использованием теории

	автоматического управления, как выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств с использованием теории автоматического управления, методы анализа задач управления в технических системах на основе приобретенных знаний, положений, законов и методов естественных наук и математики с использованием теории автоматического управления Умеет: использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности с использованием теории автоматического управления, осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов с использованием теории автоматического управления, выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств с использованием теории автоматического управления, анализировать задачи управления в технических системах на основе приобретенных знаний, положений, законов и методов естественных наук и математики с использованием теории автоматического управления Имеет практический опыт: использования фундаментальных знаний для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности с использованием теории автоматического управления, оценки эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов с использованием теории автоматического управления, выполнения экспериментов по заданным методикам и обработки результатов с применением современных информационных технологий и технических средств с использованием теории автоматического управления, анализа задач управления в технических системах на основе приобретенных знаний, положений, законов и методов естественных наук и математики с использованием теории автоматического управления
--	--

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 96,75 ч.
контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
Общая трудоёмкость дисциплины	180	108	72
<i>Аудиторные занятия:</i>	84	48	36
Лекции (Л)	28	16	12
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	56	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	83,25	53,75	29,5
Подготовка к практическим занятиям, написание отчетов	40	40	0
Подготовка к проведению теста по теме «Основы моделирования систем»	20	0	20
Подготовка к зачету	5,75	5,75	0
Подготовка к проведению теста по теме «Общие вопросы теории моделирования»	8	8	0
Подготовка к практическим работам и экзамену. Пример: «Моделирование следящего электропривода»	9,5	0	9,5
Консультации и промежуточная аттестация	12,75	6,25	6,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	ВВЕДЕНИЕ В МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ	6	2	4	0
2	ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СУ. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СУ.	10	4	6	0
3	СТРУКТУРА И ВИДЫ МОДЕЛЕЙ СУ	8	2	6	0
4	МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ НА ПК	8	2	6	0
5	МОДЕЛИРОВАНИЕ СУ С ПОМОЩЬЮ ППП VISSIM, MATLAB И MULTISIM	6	2	4	0
6	АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА СУ	10	4	6	0
7	АВТОМАТИЗАЦИЯ СИНТЕЗА СУ	8	2	6	0
8	РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ СУ НА ПК	8	2	6	0
9	ТЕХНИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПК	10	4	6	0
10	ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СУ	10	4	6	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Цель изучения дисциплины. Модели систем и моделирование. Моделирование как метод анализа и синтеза системы. Основные положения.	2

		Этапы истории развития МСУ.	
2	2	Цели моделирования. Классификация моделей. Виды моделирования. Этапы математического моделирования. Теория и теоремы подобия.	2
3	2	Подобие сложных и нелинейных систем Анализ возможностей автоматизации процесса моделирования	2
4	3	Канонические формы математических моделей систем. Принципы построения и основные требования к математическим моделям (ММ). Агрегативные модели.	1
5	3	Методы упрощения моделей систем. Цели и задачи исследования ММ систем. Исследование и проектирование систем управления (СУ) при помощи МС	1
6,7	4	Методы построения математических моделей. Основные понятия и определения Моделирование систем на ПК. Методы представления моделей на ПК в ППП VISSIM и MATLAB Вывод математических моделей в аналитическом виде на ПК	2
8	5	Методы моделирования и их представление в ППП VISSIM И MATLAB Приведение математических моделей СУ к виду, удобному для моделирования	1
9	5	Особенности формирования моделей электронных СУ по их структурным и принципиальным электрическим схемам Численные методы решения конечных уравнений Численные методы решения дифференциальных уравнений Контроль и оценка точности моделирования. Жесткие системы.	1
10,11	6	Методы анализа СУ и их применение в ППП VISSIM И MATLAB Машинные методы анализа Машинно-аналитический метод анализа	4
12,13	7	Методы синтеза СУ и их применение в ППП VISSIM И MATLAB Машинные методы синтеза	2
17	8	Дискретные системы управления. Моделирование цифровых систем. Устойчивость цифровых систем.	2
14	9	Режимы моделирования. Выбор метода интегрирования, шага интегрирования. Многократное моделирование. Регистрация результатов моделирования. Методы исследования ММ систем и процессов. Имитационное моделирование. Методы упрощения математических моделей.	4
15,16	10	Моделирование линейных, нелинейных, дискретных, импульсных и цифровых СУ. Идентификация параметров систем по экспериментальным данным. Примеры. Динамические моделирующие комплексы Динамические моделирующие стенды	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Дифференциальные уравнения. Моделирование СУ по ДУ. Канонические формы записи СУ в пространстве состояний. Канонические модели СУ.	4
1	2	Моделирование релейной оптимальной системы. Знакомство с программой VISSIM моделирования систем управ-ления. Построение и моделирование простой релейной систе-мы. Построение фазовых портретов и временных графиков переменных системы.	6
2	3	Различные формы представления моделей систем управления. Знакомство с различными формами представле-ния математических моделей СУ (в виде структурной схемы из простых блоков, передаточной функции (ПФ), в виде набо-ра модели из интеграторов, усилителей и сумматоров, как для решения систем дифференциальных уравнений (ДУ) и в виде отдельного блока state	6

		справке – блока описания СУ в пространстве состояний).	
3	4	Моделирование наблюдателя момента нагрузки двигателя постоянного тока с якорным управлением. Знакомство с одним вариантом построения модели наблюдателя для оценки внешнего момента электродвигателя на основе построения полного наблюдателя состояния системы – двигателя постоянного тока (ДПТ)	6
4	5	Моделирование наблюдателя системы управления. Знакомство с методами синтеза (расчета) регулятора системы и полного наблюдателя, необходимого для восстановления тех координат (переменных состояния) системы управления (СУ), которые недоступны для измерения (например, момент на валу двигателя), или имеют датчики с плохими динамическими и статическими характеристиками. Научиться использовать восстановленные переменные состояния СУ в канале управления (в регуляторе).	4
5,6,7	6	Автоматизированный синтез регулятора в системе управления по скорости в тиристорном приводе постоянного тока по всему вектору состояния системы. Знакомство с процедурами автоматизированного синтеза линейных систем управления (СУ) в MATLAB. Произвести расчет (синтез) регулятора скорости в тиристорном приводе с двигателем постоянного тока (ДПТ) с якорным управлением в пространстве всех координат привода (модальное управление $u = -kx$). Построить модель СУ в VISSIM. Снять основные характеристики (показатели качества) системы	6
8,9,10	7	Автоматизированный выбор коэффициента усиления линейной системы. Изучение многократного моделирования в программе VISSIM. Автоматизированный выбор коэффициента усиления в линейной системе управления (СУ) по заданному перерегулированию $= \text{зад}$. Автоматизированный выбор постоянной времени корректирующего звена СУ. Освоение многократного моделирования в среде VISSIM с остановкой по искомому результату. Определение границ устойчивости системы или зоны с одинаковым показателем устойчивости в зависимости от величины постоянной времени корректирующего звена. Задана неустойчивая линейная система 3-го порядка (объект) в виде передаточной функции разомкнутой системы с постоянными коэффициентами. Требуется определить границы $[TK_{\min}; TK_{\max}]$ изменения постоянной времени ТК корректирующего звена заданному перерегулированию $= \text{зад}$	6
11,12,13	8	Оптимизация системы управления путем автоматизированного выбора коэффициента регулятора. Освоение процедур для оптимизации параметров моделей объектов заложенных в VISSIM на примере оптимизации системы управления (СУ). Оптимизация СУ путем автоматизированного выбора коэффициента усиления (регулятора) СУ при минимизации интегральной квадратичной оценки качества СУ – интегрального функционала качества СУ. Изучение способов применения блоков оптимизации VISSIM. Синтез регулятора СУ на MATLAB. Познакомиться с основными функциями раздела Control System Toolbox для анализа и синтеза СУ пакета программ MATLAB, синтезировать регулятор линейной СУ в пространстве состояний X. Освоить моделирование СУ на MATLAB. Задан линейный объект управления, состоящий из четырех интегрирующих звеньев с местными ОС. Требуется рассчитать вектор k коэффициентов ОС СУ с управлением $u = -kx$ (регулятор) в пространстве состояний X используя функции MATLAB. Привести СУ к единичному сквозному коэффициенту, для удобства определения показателей качества замкнутой СУ. Для этого на входе системы устанавливается выравнивающий коэффициент $n = k_2 + k_4$. Предварительно перевести объект управления в форму пространства состояний, т.е. рассчитать матрицы A, B, C, D системы и записать систему дифференциальных уравнений системы в виде $\dot{x} = Ax + Bu$, $y = Cx + Du$.	6
14,15	9	Автоматизированный выбор постоянной времени компенсирующей связи в	6

		системе с комбинированным управлением. Изучение комбинированного управления в системах регулирования. Введение в систему управления (СУ) с астатизмом 1-го порядка в сигнал ошибки сигналов по 1-й и 2-й производным входного сигнала СУ с целью устранения в СУ ошибок по скорости и ускорению выходного сигнала относительно входного. СУ, тем самым, превращается в систему с астатизмом 3-го порядка. Выбор коэффициентов ввода 1-й и 2-й производных в сигнал ошибки производится в VISSIM автоматизировано в режиме многократного моделирования с применением процедуры минимизации квадрата скоростной ошибки СУ.	
16	10	Автоматизированный выбор тяги ракетного двигателя лунного модуля при посадке на луну. Знакомство с уравнениями движения лунного модуля в поле тяготения Луны. Использование многократного моделирования в VISSIM для подбора необходимой тяги Т ракетного двигателя посадки. Автоматизированный выбор тяги ракетного двигателя лунного модуля при посадке на Луну с использованием модели динамики посадки. Синтез системы управления в базовом понижающем преобразователе постоянного напряжения с ШИМ. Научиться набирать модели систем по их дифференциальным уравнениям (ДУ). Произвести расчет регулятора напряжения в базовом понижающем преобразователе постоянного напряжения (ППН) с LC-фильтром и с широтно-импульсным модулятором (ШИМ) способом модального синтеза – принудительного размещения полюсов замкнутой системы в заданных положениях.	6

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Моделирование релейной оптимальной системы	0
2	3	Различные формы представления моделей систем управления	0
3	4	Моделирование наблюдателя момента нагрузки двигателя постоянного тока с якорным управлением	0
4	5	Моделирование наблюдателя системы управления	0
5	6	Автоматизированный синтез регулятора в системе управления по скорости в тиристорном приводе постоянного тока по всему вектору состояния системы	0
6	7	Автоматизированный выбор коэффициента усиления линейной системы	0
7	9	Автоматизированный выбор постоянных времени компенсирующей связи в системе с комбинированным управлением	0
8	10	Автоматизированный выбор тяги ракетного двигателя лунного модуля при посадке на луну	0

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к практическим занятиям, написание отчетов	Лазарев, Ю.Ф. Моделирование процессов и систем в MATLAB: учебный курс / Ю.Ф. Лазарев. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005. – 512 с. Дьяконов, В.П. MATLAB: Анализ, идентификация и моделирование систем: спец. справ. / В.П. Дьяконов. – СПб.:	7	40

	Питер, 2002. – 444 с.		
Подготовка к проведению теста по теме «Основы моделирования систем»	Андреевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления. СПб.: Наука, 1999. 467 с.	8	20
Подготовка к зачету	Клиначёв Н.В. Моделирование обыкновенных и особых линейных систем // Руководство к лабораторным работам в пакетах VisSim и Jigrein. сор.2000-2013. URL: http://model.exponenta.ru/lectures/lr_ix.htm (дата обращения: 21.10.2013). Клиначёв Н.В. Теория систем автоматического регулирования и управления: учеб.-метод. компл. Offline версия 3.8. Челябинск 2008. URL: http://model.exponenta.ru/lectures/ (дата обращения: 16.05.2011).	7	5,75
Подготовка к проведению теста по теме «Общие вопросы теории моделирования»	Филлипс, Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филлипс, Р. Харбор; пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2004. – 616 с. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп; пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.	7	8
Подготовка к практическим работам и экзамену. Пример: «Моделирование следящего электропривода»	Колесов Ю.Б. Сенченков Ю.Б. Визуальное моделирование сложных динамических систем. Санкт-Петербург: АНО НПО «Мир и Семья», 2001. 242 с.	8	9,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се- местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи- тыва- ется в ПА
1	7	Текущий контроль	Контрольная точка 1	1	10	Выполнение ПЗ 1	зачет
2	7	Текущий контроль	Контрольная точка 2	1	10	Выполнение ПЗ 2	зачет
3	7	Текущий контроль	Контрольная точка 3	1	10	Выполнение ПЗ 3	зачет
4	7	Текущий контроль	Контрольная точка 4	1	10	Выполнение ПЗ 4	зачет
5	7	Текущий контроль	Контрольная точка 5	1	10	Выполнение ПЗ 5	зачет
6	7	Проме-	зачет	-	50	Выполнение ПЗ 6. Зачет по вопросам в	зачет

		жуточная аттестация				билетах.	
7	8	Текущий контроль	Контрольная точка 7	1	20	Выполнение ПЗ 7	экзамен
8	8	Текущий контроль	Контрольная точка 8	1	20	Выполнение ПЗ 8	экзамен
9	8	Текущий контроль	Контрольная точка 9	1	20	Выполнение ПЗ 9	экзамен
10	8	Промежуточная аттестация	экзамен	-	60	Выполнение ПЗ 10. + Ответ на экзаменационный билет. 20+20+20+20+60=140 баллов. Отлично - 120-140 баллов. 100-120 баллов - хорошо. 80-100 баллов - удовлетворительно.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Учет баллов за выполнение ПЗ (до 80) + сдача экзамена по вопросам в билетах по моделирования СУ (до 60). При получении более 80-140 баллов - экзамен сдан. Выполнение ПЗ 10. + Ответ на экзаменационный билет. 20+20+20+20+60=140 максимум баллов. Отлично - 120-140 баллов. 100-120 баллов - хорошо. 80-100 баллов - удовлетворительно.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
зачет	Учет баллов за выполнение ПЗ (до 80) + сдача зачета по вопросам моделирования СУ (до 50). При получении более 100 баллов - зачет сдан.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

[illegible]

	литература	библиотечная система издательства Лань	математическое моделирование. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : СОЛОН-Пресс, 2008. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/13679 — Загл. с экрана.
3	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Душин, С.Е. Моделирование систем и комплексов. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / С.Е. Душин, А.В. Красов, Ю.В. Литвинов. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2010. — 178 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/40738 — Загл. с экрана.
4	Методические пособия для преподавателя	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Григорьев, В.В. Синтез систем автоматического управления методом модального управления. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / В.В. Григорьев, Н.В. Журавлёва, Г.В. Лукьянова, К.А. Сергеев. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2007. — 108 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/43643 — Загл. с экрана.
5	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Поршнев, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 736 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/650 — Загл. с экрана.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)
2. РСК Технологии-Система "Персональный виртуальный компьютер" (ПВК) (MS Windows, MS Office, открытое ПО)(бессрочно)
3. Visual Solution, Inc.-VisSim(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	712 (36)	Компьютеры в вычислительных залах
Лекции	705 (36)	Компьютер, видеопроектор
Самостоятельная работа студента	712 (36)	Компьютеры, программа для моделирования СУ.
Практические занятия и семинары	712 (36)	Компьютеры, программа для моделирования СУ