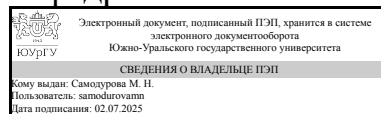


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



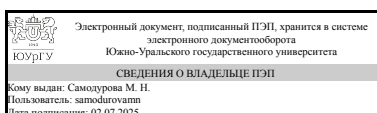
М. Н. Самодурова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.03 Цифровые двойники технологического оборудования
для направления 09.04.03 Прикладная информатика
уровень Магистратура
магистерская программа Информационно-измерительные системы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Информационно-измерительная техника

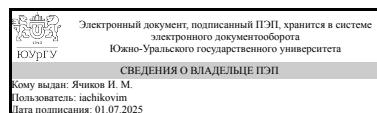
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 916

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



М. Н. Самодурова

Разработчик программы,
д.техн.н., проф., профессор



И. М. Ячиков

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Цифровые двойники технологического оборудования» является овладение базовыми знаниями о цифровых двойниках и цифровой тени различных технологических агрегатов, формирование практических навыков в освоении принципов работы сложного технологического оборудования в металлургии. Использования современных математических и компьютерных технологий для моделирования его работы, предсказания его поведения в режиме проектирования и эксплуатации.

Краткое содержание дисциплины

Изучение современного состояния и основные возможности и преимущества цифровых двойников, работы основных технологических агрегатов металлургической отрасли, компьютерных технологий, прикладных программ для обработки больших данных, снимаемых с современных технологических агрегатов.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Знает: способы управления проектом, включая важнейшие принципы, источники, формы и принципы организации проектного финансирования, специфику реализации проектов, особенности завершения проекта и др.; формулировку, в рамках обозначенной задачи, цели, актуальности, значимости (практическую, методическую и иную в зависимости от типа изобретательского проекта), возможную последовательность решения, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения Умеет: планировать затраты на производство и реализацию продукции; использовать различные информационные технологии в практической деятельности, новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний; формулировать, в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения Имеет практический опыт: планирования, управления стоимостью и контроля проекта; практическими навыками разработки, реализации и оценки эффективности проекта; навыками управления рисками по проекту; самостоятельного или в составе группы научного поиска с использованием специальных средств и методов получения нового знания
ПК-2 Способен анализировать и оценивать	Знает: основные статистические методы

требования к информационным системам, поддерживать процесс разработки программного обеспечения информационных систем	управления качеством Умеет: рассчитывать показатели эффективности различных вариантов проекта и выбрать оптимальный вариант Имеет практический опыт: использования методов обнаружения особых (неслучайных) факторов, позволяющих диагностировать состояние процесса, его корректировку с целью улучшения результата
--	--

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Разработка программного обеспечения автоматизированных систем, Управление IT- проектами, Обеспечение целостности данных информационных и технических систем, Распределенные интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими процессами, Суперкомпьютерное моделирование технических устройств и процессов, Теория решения изобретательских задач	Производственная практика (производственно-технологическая) (4 семестр)

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

Дисциплина	Требования
Распределенные интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими процессами	Знает: Знает: современную научную методологию, новые методы исследования, методы синтеза систем программного управления, реализацию синтезированной системы на различной элементной базе, структуру и состав распределенных интеллектуальных автоматизированных систем управления технологическими процессами в промышленности, инструкции по эксплуатации технологического оборудования, режимы производства, контроль качества приборов систем и их элементов, методы инженерного прогнозирования и диагностических моделей состояния приборов и систем в процессе их эксплуатации Умеет: осуществлять организацию и управление проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; поставить задачу на автоматизацию объекта, требующего в основном систему циклового программного управления; выбрать элементную базу для реализации системы автоматизации; выполнить принципиальную схему разработанной системы автоматизации

	объекта, составлять техническую документацию, разрабатывать и внедрять технологические процессы и режимы производства Имеет практический опыт: решения задач, решаемых различными этапами иерархии управления технологическими комплексами, работы с системами автоматизации технологических процессов и промышленных установок, создания прогностических моделей в технологических процессах, программ испытаний, инструкций по эксплуатации
Обеспечение целостности данных информационных и технических систем	Знает: Алгоритмы обеспечения целостности данных информационных и технических систем, принципы сбора, отбора и обобщения информации, основы теории систем и системного анализа, способы представления научной информации Умеет: Проверять степень полноты, последовательности и точности данных на протяжении всего жизненного цикла данных Имеет практический опыт: Объявления критериев, которые данные должны содержать как часть описания технического объекта, использования информационных источников, навыками поиска научного поиска в различных средах и анализа научной информации
Теория решения изобретательских задач	Знает: формулировку, в рамках обозначенной задачи, цели, актуальности, значимости (практическую, методическую и иную в зависимости от типа изобретательского проекта), возможную последовательность решения, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения, основы теории и методы решения типовых изобретательских задач Умеет: анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними, и, на этой основе, проводить поиск вариантов решения типовых изобретательских задач в поставленной проблемной ситуации, использовать различные информационные технологии в практической деятельности, новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний Имеет практический опыт: самостоятельного или в составе группы научного поиска с использованием специальных средств и методов получения нового знания, решения типовых изобретательских задач в поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
Управление IT- проектами	Знает: способы управления проектом , включая важнейшие принципы, источники, формы и принципы организации проектного финансирования, специфику реализации проектов, особенности завершения проекта и др., основные источники данных, необходимых для разработки и управления реализацией проекта; формы представления информации о проекте,

	способы организации и управления проектами Умеет: рассчитывать показатели эффективности различных вариантов проекта и выбрать оптимальный вариант; планировать затраты на производство и реализацию продукции, применять методы измерения и передачи сигналов различной физической природы, обработки полученных данных и анализировать показатели проекта в разных фазах его жизненного цикла, вырабатывать командную стратегию при реализации инновационных промышленных проектов Имеет практический опыт: определения целей, предметной области и структуры проекта, расчета календарного плана осуществления проекта, формирования основных разделов сводного плана проекта анализировать риски проекта, планирования, управления стоимостью и контроля проекта; практическими навыками разработки, реализации и оценки эффективности проекта; навыками управления рисками по проекту, сбора, анализа и обработки данных о проекте, необходимых для принятия управленческих организационных, инвестиционных и финансовых решений
Разработка программного обеспечения автоматизированных систем	Знает: средства разработки программного обеспечения автоматизированных систем Умеет: поддерживать процесс разработки программного обеспечения информационных систем, разрабатывать программное обеспечение автоматизированных систем Имеет практический опыт: анализа и оценки требований к информационным системам, разработки программного обеспечения автоматизированных систем
Суперкомпьютерное моделирование технических устройств и процессов	Знает: базовые понятия параллельных вычислений и параллельных вычислительных системах, пакеты программ, которые используются для решения задач на суперкомпьютерах Умеет: приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, включая решение конкретной задачи на параллельных вычислительных системах с применением специализированных программных пакетов, работу с очередью задач на суперкомпьютере и др. Имеет практический опыт: управления задачами на суперкомпьютере, обменом файлами между суперкомпьютером и персональным компьютером с использованием "тяжелых" систем конечно-элементных расчета типа AnSys и др.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч.
контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75
Подготовка к промежуточной аттестации	13,75	13,75
Изучение монографий и учебных пособий. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации.	15	15
Оформление отчетов по практическим работам	25	25
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Понятие и основные определения цифрового двойника (Digital Twin) как одного из фактора цифровой трансформации предприятий, формирующего ближайшее будущее (Industry 4.0).	10	10	0	0
2	Цифровой двойник как программный аналог реального технического устройства, моделирующий внутренние процессы, технические характеристики и поведение реального объекта в условиях воздействий помех и окружающей среды.	38	14	24	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основные преимущества технологии цифровые двойники для бизнеса: уменьшение затрат на производство, сокращение времени выхода на рынок, инструмент прогнозирования на примере прогнозируемого диагностического обслуживания. Наиболее передовым является обслуживание технологического оборудования по фактическому состоянию, т.е. устранение отказов оборудования путем интерактивной оценки технического состояния оборудования по совокупности данных, поступающих с его датчиков и определения оптимальных сроков проведения ремонтных работ.	4
2	1	Представление цифрового двойника как реального отображения всех компонентов в жизненном цикле работы технологического оборудования с использованием физических данных, виртуальных данных и данных	2

		взаимодействия между ними, в том числе данных получаемых в режиме реального времени. Отличие цифрового двойника от традиционной системы автоматизированного проектирования (САПР). Существующие классификации цифровых двойников, типы цифровых двойников. Примеры уже реально существующих цифровых двойников в промышленности.	
3	1	Понятие цифровой тени как способность предсказать поведение реального объекта только в тех условиях, в которых осуществлялся сбор данных, но не позволяет моделировать или прогнозировать ситуации, в которых реальный объект не эксплуатировался. Примеры существующих систем цифровой тени в промышленности	4
4	2	Рассмотрение цифрового двойника как сложной математической модели, позволяющей с высокой точностью описывать поведение реального физического объекта или системы, а также технологического/производственного процесса. Цифровой двойник — как результат моделирования работы сложного технологического оборудования и полностью инкапсулированного в компьютерную среду.	4
5	2	Современная технология выплавки стали, рассмотрение основных процессов и работа технологического оборудования. Практическое рассмотрение работы современных металлургических агрегатов: дуговая сталеплавильная печь (ДСП), машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), установка электрошлакового переплава (ЭШП), реверсивный прокатный стан 5000 ПАО «ММК» для получения листового металла.	4
6	2	Приближение к реальному объекту за счет использования больших данных (Smart Big Data) на входе и выходе умных моделей, постепенное обеспечение уменьшения отличия между результатами виртуальных испытаний и натурных исследований с приемлемой для практических целей точностью.	6

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Оцифровка графиков промышленных данных и их обработка (на примере определения эквивалентных моментов для двигателей за цикл прокатки).	4
2	2	Проверка электродвигателя по нагреву методом эквивалентного момента путем оцифровки графиков промышленных данных и обработки больших данных.	4
3	2	Составление компьютерной программы для работы с большими данными на примере прокатного стана 5000 ПАО «ММК». Анализ данных (12 параметров) снятых в реальном времени через 2 мс при объеме информации порядка миллиона измерений. Способы обработки и хранения полученных данных.	4
4	2	Предварительная обработка данных временного ряда (на примере обработки динамики содержания растворенного водорода в трансформаторном масле)	4
5	2	Составить компьютерную программу, позволяющую для экспериментальных данных проводить автоматизированное отсеивание грубых погрешностей и проверять гипотезу о нормальности распределения исходных данных с использованием методов среднего абсолютного отклонения и размаха варьирования для заданного уровня значимости. Построить соответствующие графики.	6
6	2	Окончательная обработка данных временного ряда (сглаживание промышленных данных и получение уравнений регрессии).	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

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 промежуточной аттестации	Майер-Шенбергер, В. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим [Текст] В. Майер-Шенбергер, К. Кукьер ; пер. с англ. И. Гайдюк. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. - 222 с. Карпунин, М. Г. Жизненный цикл и эффективность машин. - М.: Машиностроение, 1989. - 311 с. Gantz, J. The digital universe in 2020: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East - United States / J. Gantz, D. Rainsel //IDC Country brief, 2013. Симченко Н. А., Цёхла С. Ю. Цифровые двойники в экономическом развитии промышленности: управление и эффекты: монография. – Симферополь: Издательский дом КФУ, 2021. – 238 с. Симченко Н. А., Цёхла С. Ю. Цифровые двойники в экономическом развитии промышленности: управление и эффекты: монография. – Симферополь: Издательский дом КФУ, 2021. – 238 с. МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ Парамонов И.Ю., Смагин В.А., Косых Н.Е., Хомоненко А.Д. Санкт-Петербург, 2020. Издательство: Издательство "Лань"	3	13,75
Изучение монографий и учебных пособий. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации.	Майер-Шенбергер, В. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим [Текст] В. Майер-Шенбергер, К. Кукьер ; пер. с англ. И. Гайдюк. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. - 222 с. Карпунин, М. Г. Жизненный цикл и эффективность машин. - М.: Машиностроение, 1989. - 311 с. Gantz, J. The digital universe in 2020: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East - United States / J. Gantz, D. Rainsel //IDC Country brief, 2013. Симченко Н. А., Цёхла С. Ю. Цифровые двойники в экономическом развитии промышленности: управление и эффекты: монография. – Симферополь: Издательский дом КФУ, 2021. – 238 с. Симченко Н. А., Цёхла С. Ю. Цифровые двойники в экономическом развитии	3	15

	промышленности: управление и эффекты: монография. – Симферополь: Издательский дом КФУ, 2021. – 238 с		
Оформление отчетов по практическим работам	Большие данные: метод. указания по контактной и самостоятельной работе / сост. А. В. Параскевов. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 35с. СТАТИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ. "БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ" Адлер Ю.П. Статистическое управление процессами. «Большие данные» : учебное пособие / Адлер Ю.П., Черных Е.А.. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2016. — 52 с. — ISBN 978-5-87623-969-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/64199.html (дата обращения: 08.12.2021).	3	25

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	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Практическая работа №1	1	10	10 баллов выставляется студенту, который полностью освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на отлично и оформил работу без замечаний; 9 баллов выставляется студенту, который полностью освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на отлично и оформил работу с замечаниями, 8 баллов выставляется студенту, который полностью освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на отлично и плохое оформление работы; 7 баллов выставляется студенту, который освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на хорошо и оформил работу без замечаний; 6 баллов выставляется студенту, который освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на хорошо и оформил работу с замечаниями, 5 баллов выставляется студенту, который освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на хорошо и показал плохое оформление работы; 4 балла выставляется студенту, который освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на	экзамен

						удовлетворительно и оформил работу без замечаний; 3 балла выставляется студенту, который освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на удовлетворительно и оформил работу с замечаниями; 2 балла выставляется студенту, который плохо освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на удовлетворительно и показал плохое оформление работы; 1 балл выставляется студенту, который не освоил тему, не выполнил и не защитил ПЗ; 0 баллов выставляется студенту, который не представил работу.	
2	3	Текущий контроль	Практическая работа №2	1	10	10 баллов выставляется студенту, который полностью освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на отлично и оформил работу без замечаний; 9 баллов выставляется студенту, который полностью освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на отлично и оформил работу с замечаниями, 8 баллов выставляется студенту, который полностью освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на отлично и плохое оформление работы; 7 баллов выставляется студенту, который освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на хорошо и оформил работу без замечаний; 6 баллов выставляется студенту, который освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на хорошо и оформил работу с замечаниями, 5 баллов выставляется студенту, который освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на хорошо и показал плохое оформление работы; 4 балла выставляется студенту, который освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на удовлетворительно и оформил работу без замечаний; 3 балла выставляется студенту, который освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на удовлетворительно и оформил работу с замечаниями; 2 балла выставляется студенту, который плохо освоил тему, выполнил и защитил ПЗ на удовлетворительно и показал плохое оформление работы; 1 балл выставляется студенту, который не освоил тему, не выполнил и не защитил ПЗ; 0 баллов выставляется студенту, который не представил работу.	экзамен
3	3	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	10	5 баллов - за глубокое и полное овладение содержанием учебного материала, в котором студент легко ориентируется, и	экзамен

					понятийным аппаратом. 4 балла - если студент полностью освоил учебный материал, владеет понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, грамотно излагает ответ, но содержание, форма ответа имеют отдельные неточности. 3 балла - если студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий. 2 балла - если студент имеет разрозненные, бессистемные знания, не умеет выделять главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал, а также за полное незнание и непонимание учебного материала или отказ отвечать.	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Письменный обязательный экзамен проводится по билетам. Каждый билет содержит 2 вопроса из общего списка. На выполнение дается 45 минут	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ		
		1	2	3
УК-2	Знает: способы управления проектом, включая важнейшие принципы, источники, формы и принципы организации проектного финансирования, специфику реализации проектов, особенности завершения проекта и др.; формулировку, в рамках обозначенной задачи, цели, актуальности, значимости (практическую, методическую и иную в зависимости от типа изобретательского проекта), возможную последовательность решения, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	+	+	
УК-2	Умеет: планировать затраты на производство и реализацию продукции; использовать различные информационные технологии в практической деятельности, новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний; формулировать, в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	+	+	
УК-2	Имеет практический опыт: планирования, управления стоимостью и контроля проекта; практическими навыками разработки, реализации и оценки эффективности проекта; навыками управления рисками по проекту; самостоятельного или в составе группы научного поиска с использованием специальных средств и методов получения нового знания	+	+	
ПК-2	Знает: основные статистические методы управления качеством	+	+	
ПК-2	Умеет: рассчитывать показатели эффективности различных вариантов проекта и	+	+	

	выбрать оптимальный вариант			
ПК-2	Имеет практический опыт: использования методов обнаружения особых (неслучайных) факторов, позволяющих диагностировать состояние процесса, его корректировку с целью улучшения результата	+	+	

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Вычислительная техника и обработка данных [Текст] терминологический словарь фирмы IBM пер. с англ. Т. Тер-Микаэляна. - М.: Статистика, 1978. - 231 с.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ) Челябинск Вестник Южно-Уральского государственного университета Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ журнал. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001-

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Большие данные: метод. указания по контактной и самостоятельной работе / сост. А. В. Параскевов. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 35с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Большие данные: метод. указания по контактной и самостоятельной работе / сост. А. В. Параскевов. – Краснодар: КубГАУ, 2020. – 35с.

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)
3. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
4. -Python(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары		Специализированная учебная аудитория
Лекции		Проектор, компьютер, офисное ПО