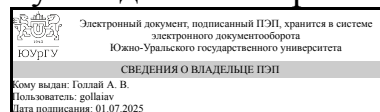


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



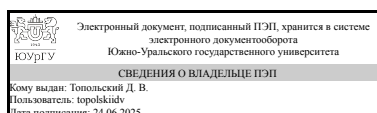
А. В. Голлай

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.19 Цифровые двойники
для направления 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
уровень Магистратура
форма обучения очная
кафедра-разработчик Электронные вычислительные машины

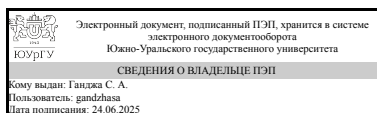
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 918

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



Д. В. Топольский

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



С. А. Ганджа

1. Цели и задачи дисциплины

Цель - изучении современных технологий проектирования производств посредством разработки цифровых двойников отдельных элементов и процессов и обеспечения их интеграции. Задачи: - сбор и анализ исходных данных для разработки цифрового двойника; - оценка матрицы MDT требований, целевых показателей и ресурсных ограничений; - участие в разработке цифровых двойников производственных и технологических объектов

Краткое содержание дисциплины

Определение цифрового двойника. Эволюция составляющих технологии. Инжиниринговые инструменты для создания цифрового двойника. Цифровой двойник и оптимизация изделия. Технологии сбора и обработки данных для создания цифрового двойника. Технологии математического моделирования и цифровых теней. Цифровой двойник как интеграция этапов жизненного цикла изделия. Типы цифровых двойников их классификация. Примеры использования цифровых двойников. Этапы создания цифровых двойников. Сбор информации для разработки цифрового двойника. Программное обеспечение создания цифрового двойника. Методы оценки адекватности элементов цифрового двойника. Метод оценки цифрового двойника.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен руководить проектированием и реализацией программно-аппаратных систем на основе технологий интернета вещей	Знает: методы получения информации об исследуемом объекте; математические методы разработки цифровых двойников; методы планирования экспериментального исследования цифрового двойника; алгоритмы разработки цифрового двойника Умеет: применять программное обеспечение для проектирования цифровых двойников, принципы и методы проведения экспериментальных исследований цифрового двойника; оценивать адекватность разработанного цифрового двойника; Имеет практический опыт: формирования плана исследования и разработки цифрового двойника с учетом требований, целевых показателей и ресурсных ограничений

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	1.О.23 Семинар "Технологии и приложения интернета вещей"

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

Нет

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
		2
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75
Подготовка к выполнению практической работы № 1	10	10
Подготовка к тестам по теоретическому лекционному учебному материалу	15	15
Подготовка к зачету	15	15
Подготовка презентации к защите доклада	3,75	3,75
Подготовка к практической работе № 2	10	10
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	Введение. Определения и классификация цифровых двойников.	4	4	0	0
2	Примеры использования цифровых двойников	8	4	4	0
3	Технологии цифровой трансформации	12	8	4	0
4	Этапы создания цифровых двойников	12	8	4	0
5	Анализ цифрового двойника	12	8	4	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Определение цифрового двойника. Эволюция составляющих технологи.	4

		Инжиниринговые инструменты для создания цифрового двойника. Цифровой двойник и оптимизация изделия. Технологии сбора и обработки данных для создания цифрового двойника. Технологии математического моделирования и цифровых теней. Цифровой двойник как интеграция этапов жизненного цикла изделия. Типы цифровых двойников их классификация	
2	2	Примеры использования цифровых двойников. Цифровые двойники в транспортном машиностроении и на транспорт. Цифровые двойники в нефтегазовой отрасли. Цифровые двойники в энергетике. Цифровые двойники в сельском хозяйстве. Цифровые двойники месторождений. Цифровые двойники в экосистеме. Цифровые двойники в здравоохранении.	4
3	3	Облачные вычисления, облачные сервисы. Мобильные технологии. Big Data. Интернет вещей. Искусственный интеллект. Новые производственные технологии.	4
4	3	Этапы создания цифровых двойников. Сбор информации для разработки цифрового двойника. Программное обеспечение создания цифрового двойника. Системный инжиниринг.	4
5	4	Методы оценки адекватности элементов цифрового двойника. Метод оценки цифрового двойника. Программное обеспечение создания цифрового двойника..	4
7	4	Технологии сбора и обработки данных для создания цифрового двойника. Технологии математического моделирования и цифровых теней. Цифровой двойник как интеграция этапов жизненного цикла изделия.	4
8	5	Облачные вычисления, облачные сервисы. Мобильные технологии. Big Data. Интернет вещей. Искусственный интеллект. Новые производственные технологии.	4
9	5	Этапы создания цифровых двойников. Сбор информации для разработки цифрового двойника. Программное обеспечение создания цифрового двойника. Системный инжиниринг.	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Технологии сбора и обработки данных для создания цифрового двойника. Технологии математического моделирования и цифровых теней. Цифровой двойник как интеграция этапов жизненного цикла изделия.	2
2	2	Примеры использования цифровых двойников.	2
3-4	3	Облачные вычисления, облачные сервисы. Мобильные технологии. Big Data. Интернет вещей.	4
5-7	4	Использование AnyLogic для разработка цифрового двойника.	2
8-10	4	AnyLogic разработка цифрового двойника производственного процесса	2
13-14	5	Выполнение практической работы № 2	2
15	5	Методы оценки адекватности элементов цифрового двойника.	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием	Семестр	Кол-

	разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс		во часов
Подготовка к выполнению практической работы № 1	Дубков, И. С. Решение практических задач на базе технологии интернета вещей : учебное пособие / И. С. Дубков, П. С. Сташевский, И. Н. Яковина. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 80 с. — ISBN 978-5-7782-3161-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118206 (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2	10
Подготовка к тестам по теоретическому лекционному учебному материалу	Сулейманов, М. Д. Цифровая экономика : учебник / М. Д. Сулейманов. — Сочи : РосНОУ, 2020. — 356 с. — ISBN 978-5-89789-149-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/162182 (дата обращения: 23.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Дубков, И. С. Решение практических задач на базе технологии интернета вещей : учебное пособие / И. С. Дубков, П. С. Сташевский, И. Н. Яковина. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 80 с. — ISBN 978-5-7782-3161-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118206 (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Суртаева, О. С. Драйверы цифрового развития промышленного производства в России : монография / О. С. Суртаева. — Москва : Дашков и К, 2021. — 126 с. — ISBN 978-5-394-04092-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/173953 (дата обращения: 23.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Цифровая трансформация экономики : учебное пособие / В. И. Абрамов, Н. Л. Акулова, Е. В. Анисов [и др.] ; под редакцией В. И. Абрамова, О. Л. Головина. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2020. — 252 с. — ISBN 978-5-7262-2647-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/175410 (дата обращения: 28.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2	15
Подготовка к зачету	Сулейманов, М. Д. Цифровая экономика : учебник / М. Д. Сулейманов. — Сочи : РосНОУ, 2020. — 356 с. — ISBN 978-5-	2	15

	89789-149-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/162182 (дата обращения: 23.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Дубков, И. С. Решение практических задач на базе технологии интернета вещей : учебное пособие / И. С. Дубков, П. С. Сташевский, И. Н. Яковина. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 80 с. — ISBN 978-5-7782-3161-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118206 (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Суртаева, О. С. Драйверы цифрового развития промышленного производства в России : монография / О. С. Суртаева. — Москва : Дашков и К, 2021. — 126 с. — ISBN 978-5-394-04092-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/173953 (дата обращения: 23.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Цифровая трансформация экономики : учебное пособие / В. И. Абрамов, Н. Л. Акулова, Е. В. Анисов [и др.] ; под редакцией В. И. Абрамова, О. Л. Головина. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2020. — 252 с. — ISBN 978-5-7262-2647-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/175410 (дата обращения: 28.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		
Подготовка презентации к защите доклада	Сулейманов, М. Д. Цифровая экономика : учебник / М. Д. Сулейманов. — Сочи : РосНОУ, 2020. — 356 с. — ISBN 978-5-89789-149-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/162182 (дата обращения: 23.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Дубков, И. С. Решение практических задач на базе технологии интернета вещей : учебное пособие / И. С. Дубков, П. С. Сташевский, И. Н. Яковина. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 80 с. — ISBN 978-5-7782-3161-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118206 (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2	3,75

	Суртаева, О. С. Драйверы цифрового развития промышленного производства в России : монография / О. С. Суртаева. — Москва : Дашков и К, 2021. — 126 с. — ISBN 978-5-394-04092-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/173953 (дата обращения: 23.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Цифровая трансформация экономики : учебное пособие / В. И. Абрамов, Н. Л. Акулова, Е. В. Анисов [и др.] ; под редакцией В. И. Абрамова, О. Л. Головина. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2020. — 252 с. — ISBN 978-5-7262-2647-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/175410 (дата обращения: 28.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		
Подготовка к практической работе № 2	Цифровая трансформация экономики : учебное пособие / В. И. Абрамов, Н. Л. Акулова, Е. В. Анисов [и др.] ; под редакцией В. И. Абрамова, О. Л. Головина. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2020. — 252 с. — ISBN 978-5-7262-2647-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/175410 (дата обращения: 28.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2	10

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	2	Лабораторная работа	Контрольно-рейтинговое мероприятие № 1	1	10	Контрольно-рейтинговое мероприятие №1 проводится по теме «Определения и классификация цифровых двойников» в форме тестирования учебного лекционного материала. Тест содержит 10 вопросов. Продолжительность теста - 20 минут. Максимальное количество баллов за тест -10. Баллы начисляются по	зачет

						количеству верных ответов. 10 баллов: задание полностью выполнено без ошибок. 1-9 баллов: задание выполнено частично или выполнено с ошибками 0 баллов: задание не выполнено	
2	2	Лабораторная работа	Контрольно-рейтинговое мероприятие №2	1	10	Контрольно-рейтинговое мероприятие №2 проводится по теме «Технологии цифровой трансформации» в форме тестирования учебного лекционного материала. Тест содержит 10 вопросов. Продолжительность теста - 20 минут. Максимальное количество баллов за тест -10. Баллы начисляются по количеству верных ответов. 10 баллов: задание полностью выполнено без ошибок. 1-9 баллов: задание выполнено частично или выполнено с ошибками 0 баллов: задание не выполнено	зачет
3	2	Лабораторная работа	Контрольно-рейтинговое мероприятие № 3	1	10	Контрольно-рейтинговое мероприятие №3 проводится по теме «проводится по теме «Облачные вычисления, облачные сервисы. Мобильные технологии. Big Data. Интернет вещей. Искусственный интеллект. Новые производственные технологии» в форме тестирования учебного лекционного материала. Тест содержит 10 вопросов. Продолжительность теста - 20 минут. Максимальное количество баллов за тест -10. Баллы начисляются по количеству верных ответов. 10 баллов: задание полностью выполнено без ошибок. 1-9 баллов: задание выполнено частично или выполнено с ошибками 0 баллов: задание не выполнено	зачет
4	2	Лабораторная работа	Контрольно-рейтинговое мероприятие № 4	1	10	Контрольно-рейтинговое мероприятие №4 проводится по теме "Методы оценки адекватности элементов цифрового двойника. Метод оценки цифрового двойника" в форме тестирования учебного лекционного материала. Тест содержит 10 вопросов. Продолжительность теста - 20 минут. Максимальное количество баллов за тест -10. Баллы начисляются по количеству верных ответов. 10 баллов: задание полностью выполнено без ошибок. 1-9 баллов: задание выполнено частично или выполнено с ошибками 0 баллов: задание не выполнено	зачет
5	2	Лабораторная работа	Контрольно-рейтинговое	1	20	Контрольно-рейтинговое мероприятие № 5 - выполнение практического задания №	зачет

			мероприятие № 5		1. Тема практического задания «Разработка цифрового двойника в AnyLogic». Практическое задание выполняется очно на практических занятиях. Оценка за практическое задание состоит из двух частей Первая часть - 10 баллов. 0 баллов - не использованы профессиональные термины. Требования, предъявляемые к заданию не выполнены; 4 балла - представляемая информация не систематизирована и/или не последовательна. Требования, предъявляемые к заданию выполнены не полностью. 7 баллов - представляемая информация систематизирована и последовательна. Студент не в полной мере владеет профессиональной терминологией. Требования, предъявляемые к заданию выполнены полностью; 10 баллов - представляемая информация систематизирована, последовательна и логически связана. При представлении информации студент демонстрирует владение профессиональной терминологией. Требования, предъявляемые к заданию выполнены полностью. Вторая часть - ответы на вопросы по практическому заданию. Максимальное количество баллов за вторую часть КРМ 5 - 10. Количество вопросов не более пяти. 0 баллов - нет ответов на вопросы.; 4 балла - ответы только на элементарные вопросы; 7 баллов - ответы на вопросы полные и/или частично полные; 10 баллов - ответы на вопросы полные с приведением примеров и/или пояснений.		
6	2	Лабораторная работа	Контрольно-рейтинговое мероприятие № 6	1	20	Контрольно-рейтинговое мероприятие № 6 - выполнение практического задания № 2. Тема практического задания «Разработка цифрового двойника интернет вещей». Практическое задание выполняется очно на практических занятиях. Оценка за практическое задание состоит из двух частей Первая часть - 10 баллов. 0 баллов - не использованы профессиональные термины. Требования, предъявляемые к заданию не выполнены; 4 балла - представляемая информация не систематизирована и/или не последовательна. Требования, предъявляемые к заданию выполнены не	зачет

						полностью. 7 баллов - представляемая информация систематизирована и последовательна. Студент не в полной мере владеет профессиональной терминологией. Требования, предъявляемые к заданию выполнены полностью; 10 баллов - представляемая информация систематизирована, последовательна и логически связана. При представлении информации студент демонстрирует владение профессиональной терминологией. Требования, предъявляемые к заданию выполнены полностью. Вторая часть - ответы на вопросы по практическому заданию. Максимальное количество баллов за вторую часть КРМ 6 - 10. Количество вопросов не более пяти. 0 баллов - нет ответов на вопросы.; 4 балла - ответы только на элементарные вопросы; 7 баллов - ответы на вопросы полные и/или частично полные; 10 баллов - ответы на вопросы полные с приведением примеров и/или пояснений.	
7	2	Лабораторная работа	Контрольно-рейтинговое мероприятие № 7	1	20	Контрольно-рейтинговое мероприятие № 7 – доклад на практическом занятии – 10 баллов Критерии оценки: 1. Соответствие содержания доклада заявленной тематике, полнота и глубина раскрытия темы; 2. Логичность и последовательность в изложении материала, наличие четкой структуры; 3. Владение навыками работы с учебной и научной литературой, умение анализировать тексты; 4. Способность к систематизации материала, сопоставлению различных точек зрения, аргументации, обобщению. 5. Грамотность изложения, владение навыками речевой культуры. Полное соответствие критерию – 2 балла Частичное соответствие – 1 балл Доклад не соответствует критерию – 0 баллов	зачет
8	2	Промежуточная аттестация	Итоговое компьютерное тестирование	-	40	Компьютерный тест состоит из 20 вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 1 час. Баллы начисляются по количеству верных ответов, с учетом веса конкретного вопроса. 40 баллов: задание полностью выполнено	зачет

					без ошибок 1-39 баллов: задание выполнено частично или выполнено с ошибками; 0 баллов: задание не выполнено .	
--	--	--	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (Положение о БРС утверждено приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179, в редакции приказа ректора от 10.03.2022 г. № 25-13/09). Оценка за дисциплину формируется на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Зачтено: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...100 %. Незачтено: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %. Если студент не согласен с оценкой, полученной по результатам текущего контроля, студент проходит мероприятие промежуточной аттестации в виде компьютерного тестирования. Компьютерный тест состоит из 20 вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 1 час. Баллы начисляются по количеству верных ответов, с учетом веса конкретного вопроса. В этом случае оценка за дисциплину рассчитывается на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. Фиксация результатов учебной деятельности по дисциплине проводится в день зачета при личном присутствии студента.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ПК-2	Знает: методы получения информации об исследуемом объекте; математические методы разработки цифровых двойников; методы планирования экспериментального исследования цифрового двойника; алгоритмы разработки цифрового двойника	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Умеет: применять программное обеспечение для проектирования цифровых двойников, принципы и методы проведения экспериментальных исследований цифрового двойника; оценивать адекватность разработанного цифрового двойника;						+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: формирования плана исследования и разработки цифрового двойника с учетом требований, целевых показателей и ресурсных ограничений						+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Проектирование электрических машин : Учеб. для вузов по спец. "Электромеханика": В 2 кн. . Кн. 1 / И. П. Копылов, Б. К. Клоков, В. П. Морозкин, Б. Ф. Токарев; Под ред. И. П. Копылова. - 2-е изд., перераб. и доп.. - М. : Энергоатомиздат, 1993. - 462,[1] с. : ил.
2. Справочник по электрическим машинам : в 2 т. . Т. 2 / М. Р. Дорохин и др.; под общ. ред. И. П. Копылова, Б. К. Клокова. - М. : Энергоатомиздат, 1989. - 688 с. : ил.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. -OpenScada(бессрочно)
4. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
5. -LibreOffice(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	803 (3б)	компьютер, проектор, доска

Зачет	803 (3б)	компьютер, доска, проектор
Самостоятельная работа студента	803 (3б)	проектор, компьютер, доска.
Лекции	803 (3б)	проектор, компьютер, доска.