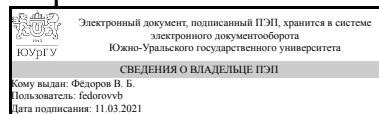


УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Аэрокосмический



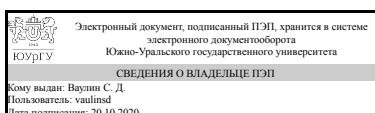
В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б.1.32 Основы баллистики и аэродинамики средств поражения
для специальности 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
уровень специалист **тип программы** Специалитет
специализация Технология производства, снаряжения и испытаний боеприпасов
форма обучения очная
кафедра-разработчик Двигатели летательных аппаратов

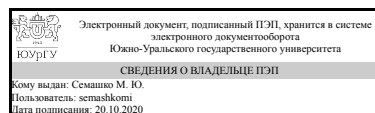
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.09.2016 № 1161

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



С. Д. Ваулин

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



М. Ю. Семашко

1. Цели и задачи дисциплины

Освоение основ внутренней баллистики артиллерийских орудий (АО) и ракетных двигателей твердого топлива (РДТТ) как инструмента для нахождения взаимосвязи между пиродинамическими элементами и баллистическими параметрами, а также для определения нагрузок, действующих на артиллерийские снаряды и боевые части ракет при выстреле. Освоение основ науки о движении ракет и снарядов после прекращения их силового взаимодействия с пусковой установкой, а также методов расчета аэродинамических характеристик и траекторий движения. Задачами являются: • Усвоение теоретических и методических материалов, составляющих основу расчета внутрибаллистических характеристик артиллерийских орудий и РДТТ; • Овладение математическим аппаратом и методами расчета выходных баллистических характеристик АО и РДТТ; • Ознакомление с экспериментальными методами внутренней баллистики. • физические факторы, влияющие на полет ЛА; • параметры траекторий ЛА и их аэродинамических характеристик при различных условиях движения;

Краткое содержание дисциплины

Основные понятия и соотношения внутренней баллистики: законы горения топлив и порохов и газообразование; термодинамический метод решения задач баллистики для установок и твердотопливных двигателей; баланс энергии и системы уравнений; алгоритм решения задач внутренней баллистики; зависимость выходных баллистических характеристик от основных проектных параметров; системы координат; атмосфера Земли; силы, действующие на летательный аппарат (ЛА); кинематика жидкости; скачки уплотнения; теоретические и экспериментальные методы определения аэродинамических характеристик ЛА; математическая модель движения ЛА; методы наведения; методы определения характеристик движения ЛА; построение траекторий движения; теория «поправок».

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Знать: Принципы решений задач внешней и внутренней баллистики.
	Уметь: Решать задачи внутренней и внешней баллистики АО и РДТТ.
	Владеть: Методами решений ОЗВБ

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.12 Химия, Б.1.10 Физика, Б.1.09.02 Математический анализ	ДВ.1.02.02 Внутренняя баллистика двигательных установок реактивных боеприпасов, Б.1.43 Эксплуатация и испытания боеприпасов, ДВ.1.02.01 Внутренняя баллистика ствольных

систем,
Б.1.31 Основы управления средствами поражения

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

Дисциплина	Требования
Б.1.09.02 Математический анализ	знать фундаментальные основы математики, включая аналитическую геометрию и линейную алгебру, последовательности и ряды, дифференциальные и интегральное исчисления, гармонический анализ, дифференциальные уравнения, численные методы, функции комплексного переменного, элементы функционального анализа, теорию вероятностей и математическую статистику; уметь использовать математические методы в решении профессиональных задач; самостоятельно использовать математический аппарат, содержащийся в литературе по профессиональной деятельности, расширять свои математические познания; владеть численными методами решения дифференциальных и алгебраических уравнений, методами аналитической геометрии, теории вероятностей и математической статистики, навыками и основными методами решения математических задач из общеинженерных и специальных дисциплин профилизации.
Б.1.10 Физика	знать: фундаментальные законы природы и основные физические законы в области механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, атомной физики; уметь: применять физические законы для решения практических задач в области проектирования боеприпасов и взрывателей с учётом экологических последствий; владеть: навыками практического применения основных физических законов при исследовании и проектировании.
Б.1.12 Химия	знать - основные химические системы и протекающие в них процессы (реакции), химические связи; химический, физико-химический и физический анализ; уметь - применять математические методы, физические законы и химические закономерности для решения практических задач в области проектирования боеприпасов и взрывателей с учетом экологических последствий ; применять полученные знания по химии при изучении других дисциплин, выделять конкретное химическое содержание в прикладных задачах профессиональной деятельности; владеть

	навыками практического применения основных физических законов и химических закономерностей при исследовании и проектировании;
--	---

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	48	48
Лекции (Л)	48	32	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	0	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	120	60	60
Внешнебаллистический расчет (семестровое задание по вариантам)	60	0	60
Расчет пиродинамических элементов (семестровое задание по вариантам)	60	60	0
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен, КР

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Предмет и методы внутренней баллистики.	2	2	0	0
2	Горение пороха в постоянном объеме. Пиростатический период выстрела.	12	6	2	4
3	Пиродинамика	10	6	2	2
4	Основные сведения газовой динамики	8	4	2	2
5	Прямая (основная) задача внутренней баллистики. Методы решения.	8	2	6	0
6	Баллистическое проектирование ствольных систем	10	2	4	4
7	Внутренняя баллистика РДТТ	12	4	4	4
8	Предмет и метод внешней баллистики и аэродинамики	2	2	0	0
9	Системы координат	2	2	0	0
10	Силы, действующие на ЛА в полете	2	2	0	0
11	Математическое моделирование полета ЛА	2	2	0	0
12	Аналитические методы расчета траекторий	12	6	6	0
13	Возмущенное движение ЛА и определение характеристик рассеивания	6	4	2	0
14	Расчет аэродинамических характеристик ЛА	8	4	4	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Предмет и метод внутренней баллистики. Физико-механические основы моделирования внутрибаллистических процессов.	2
2	2	Горение пороха в постоянном объеме. Пиростатический период выстрела. Характеристики порохов. Образование пороховых газов.	6
3	3	Пиродинамика. Силы действующие на снаряд в стволе. Поступательное и вращательное движение снаряда. Движение продуктов горения. Расширение пороховых газов. Истечение, последствие пороховых газов.	6
4	4	Основные сведения газовой динамики. Разновидности газовых потоков. Одномерное течение газа. Уравнения движения, сохранения массы, энергии, кол-ва движения. Скорость звука. Критические параметры потока.	4
5	5	Прямая (основная) задача внутренней баллистики. Система уравнений внутренней баллистики. Решение ОЗВБ аналитическими методами. Метод проф. Слухоцкого, метод Дроздова. Численные методы, таблицы, поправочные формулы.	2
6	6	Баллистическое проектирование ствольных систем.	2
7	7	Внутренняя баллистика РДТТ. Принцип устройства и действия РДТТ. Процессы, происходящие в камере РДТТ. Давление пороховых газов. Решение задачи внутренней баллистики РДТТ.	4
8	8	Предмет и метод внешней баллистики. Предмет и задачи курса, его роль в деле подготовки инженеров по профилю специальности. Особенности полета ЛА различных классов. Роль отечественных ученых в создании научных школ. Основная практическая задача аэродинамики. Модель среды, сжимаемость, вязкость, гипотеза сплошности. Принцип обращенного движения. Физические особенности формирования силового воздействия среды на обтекаемое тело. Системы координат и углов, используемые в аэродинамических расчетах. Общие функциональные зависимости для аэродинамической силы и момента, основные критерии подобия.	2
9	9	Системы координат Системы координат по ГОСТ 20058-80. Связь между ними.	2
10	10	Силы, действующие на ЛА в полете Внешние факторы, оказывающие влияние на движение ЛА. Гравитационное поле Земли. Потенциал поля тяготения. Вращение Земли. Атмосфера Земли. Аэродинамические силы и моменты, действующие на ЛА при движении в атмосфере. Управляющие силы и моменты. Сила тяги.	2
11	11	Математическое моделирование полета ЛА Уравнение Мещерского. Уравнения движения центра масс ЛА и его движение вокруг центра масс в плотных слоях атмосферы. Кинематические уравнения Эйлера. Уравнение связи. Разделение пространственного движения ЛА на поступательное и вращательное, и продольное и боковое. Упрощенные уравнения движения управляемого и неуправляемого ЛА.	2
12	12	Аналитические методы расчета траекторий Формула Циолковского. Параболическая теория. Допущения. Свойства траекторий. Условия применимости теории. Виды траекторий. Метод Эйлера. Метод Сиаччи. Шапиро. АС. РС. АРС.	6
13	13	Возмущенное движение ЛА и определение характеристик рассеивания Понятие поправки. Основная формула теории поправок. Учет влияния параметров атмосферы на полет ЛА. Баллистический средний ветер и баллистическое отклонение температуры. Рассеивание ракет при стрельбе.	4
14	14	Аэродинамические схемы ЛА. Органы управления. Определение	4

		аэродинамических величин компоновки.	
--	--	--------------------------------------	--

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
2	2	Горение пороха в постоянном объеме. Пиростатический период выстрела. Определение давления ПГ. Крешерный метод. Определение силы пороха и удельного ковалюма.	2
3	3	Пиродинамика. Расчет характеристик пиродинамических процессов.	2
4	4	Основные сведения из газовой динамики. Связь между давлением и площадью сечения газовой струи. Секундный расход газа.	2
5	5	Прямая (основная) задача внутренней баллистики. Решение ОЗВБ методом Слухоцкого, Дроздова.	6
6	6	Баллистическое проектирование ствольных систем. Содержание баллистического проектирования. Задача баллистического проектирования. Определение основных параметров орудия.	4
7	7	Внутренняя баллистика РДТТ. Расчет характеристик РДТТ. Решение задачи внутренней баллистики для пороховых ракет.	4
12	12	Аналитические методы расчета траекторий. Расчет траекторных параметров методами Сиаччи, Шапиро, приближенным, табличным.	6
13	13	Определение поправочных коэффициентов интегрированием систем уравнений движения. Аналитические методы получения баллистических производных. Учет влияния параметров атмосферы на полет ЛА.	2
14	14	Расчет подъемной силы комбинации крыло-корпус. Интерференция между крылом и оперением. Аэродинамические характеристики корпусов ЛА. Головная часть. Конус в сверхзвуковом потоке. Система уравнений для расчета параметров потока за коническим скачком уплотнения.	4

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
2	2	Горение пороха в постоянном объеме. Пиростатический период выстрела. Экспериментальное исследование горения пороха в манометрической бомбе	4
3	3	Экспериментальное определение выходных баллистических характеристик АО	2
4	4	Экспериментальное определение выходных баллистических характеристик РДТТ	2
6	6	Определение взаимосвязи пиродинамических элементов и внутрибаллистических проектных параметров.	4
7	7	Приборы для измерения давлений (изучение устройства и действия манометров, датчиков, тарирование приборов и пр.) Измерение давления в двигателях (3-д Сигнал).	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов

Внешнебаллистический расчет (семестровое задание по вариантам)	Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н., Внешняя баллистика. Учебник для вузов. 4-е изд. М.: Машиностроение, 2005.-608 с. Бурлов В.В. и др. под ред. Лысенко Л.Н. и Липанова А.М. Баллистика ствольных систем. М.: Машиностроение, 2006. – 461 с. Основы теории систем управления высокоточных ракетных комплексов Сухопутных войск/ Б.Г. Гурский, М.А. Люцанов, Э.П. Спирин и др. Под ред. В.Л. Солунина. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2001. 328 с., ил. Калугин В.Т. Аэрогазодинамика органов управления полетом летательных аппаратов: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – 688с. Основы прикладной аэрогазодинамики. В 2 кн. /Под ред. Н.Ф.Краснова.-М.: Высш. шк., 1990.-336с.	60
Расчет пиродинамических элементов (семестровое задание по вариантам)	Баллистика ствольных систем /Под ред. Л.Н.Лысенко и А.М.Липанова М.: Машиностроение, 2006. – 461 с. Орлов Б.В., Мазин Г.Ю. Термодинамические и баллистические основы проектирования РДТТ. М.: Машиностроение, 1979. – 392 с. Внутренняя баллистика РДТТ /Под ред. А.М.Липанова и Ю.М.Милехина М.: Машиностроение, 2007. – 504 с., Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет/ Серебряков М.Е. , Внутренняя баллистика / Чурбанов М.Е	60

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Выполнение работ на предприятиях города	Практические занятия и семинары	Изучение действующих конструкций и расчетов	8
Выполнение работ на предприятиях города	Лабораторные занятия	Изучение действующих конструкций и расчетов	8

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Текущий контроль (письменный опрос)	-
Все разделы	ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Зачет	-
Все разделы	ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Экзамен	-
Все разделы	ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Курсовая работа	-

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Текущий контроль (письменный опрос)	<p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 3 вопроса из списка контроль-ных вопросов. Время, отведенное на опрос -15 минут При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Частично правильный ответ соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 6.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>
Экзамен	<p>Экзамен проводится в форме компьютерного тестирования. Тест состоит из 20 вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 1 бал-лу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 20.</p>	<p>Отлично: Величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 85...100 %</p> <p>Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 %</p> <p>Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %</p> <p>Неудовлетворительно:</p>

		Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %
Зачет	<p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Зачет проводится в письменной форме. Зачет содержит два теоретических вопроса. Студенту задаются 2 вопроса из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на ответ -30 минут. Шкала оценивания ответа на теоретический вопрос: 5 баллов – вопрос раскрыт полностью, ошибок в ответе нет; 4 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 80%, ошибок в ответе нет; 3 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 80%, допущены 1–2 негрубые ошибки; 2 балла – вопрос раскрыт не менее, чем на 60%, ошибок нет, или вопрос раскрыт практически полностью, но содержит 1–2 ошибки; 1 балл – ответ не является логически обоснованным и законченным, содержит отрывочные сведения, не менее 20% от полного ответа; 0 баллов – ответ на вопрос отсутствует или менее 20% верных сведений. Преподаватель имеет право провести собеседование со студентом с целью более точного определения баллов за каждое задание. Вес мероприятия - 0,4, максимальный балл – 10. Рейтинг обучающегося по дисциплине рассчитывается одним из двух возможных способов. Причем способ определения своего рейтинга выбирает студент. Первый способ - только по результатам работы студента в семестре. Второй способ - по результатам работы в семестре и оценки за зачет. Работа в семестре включает выполнение курсовой работы и посещение лекций (индивидуальный конспект лекций).</p>	<p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p>
Курсовая работа	<p>Задание выдается в первую неделю семестра. За две недели до окончания семестра студент демонстрирует и сдает преподавателю выполненный расчет. В процессе демонстрации работы проверяется: соответствие расчета заданию. Преподаватель выставляет предварительную оценку и допускает студента к защите. В последнюю неделю семестра проводится защита КР. На защиту студент предоставляет: 1. Задание. 2. Выполненный расчет (Excel, Mathcad)/ 3. Пояснительную записку в отпечатанном виде, содержащую описание произведенный расчетов и соответствующие иллюстрации. Защита курсовой работы выполняется в комиссии, состоящей не менее, чем из двух преподавателей. На защите студент коротко (3-5 мин.) докладывает об основных решениях, принятых в процессе разработки, и отвечает на вопросы членов комиссии. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от</p>	<p>Отлично: величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 85...100 % Хорошо: величина рейтинга обучающегося по курсовому проекту 75...84 %. Удовлетворительно: величина рейтинга обучающегося по курсовой работе 60...74 % Неудовлетворительно: величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %</p>

	<p>24.05.2019 г. № 179) Показатели оценивания: – Соответствие техническому заданию: 3 балла – полное соответствие заданию. 2 балла – полное соответствие заданию, правильность расчетов в подавляющем большинстве. 1 балл – не полное соответствие заданию, правильность выполнения расчетов только в части работы. 0 баллов – не соответствие заданию, ошибки в расчетах или графиках. – Качество пояснительной записки: 3 балла – пояснительная записка имеет логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными положениями 2 балла – пояснительная записка имеет грамотно изложенную теоретическую главу, в ней представлены достаточно подробный анализ и критический разбор практической деятельности, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными положениями 1 балл – пояснительная записка имеет теоретическую главу, базируется на практическом материале, но имеет поверхностный анализ, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные положения 0 балл – пояснительная записка не имеет анализа, не отвечает требованиям, изложенным в методических рекомендациях кафедры. В работе нет выводов либо они носят декларативный характер. – Защита курсовой работы: 3 балла – при защите студент показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, легко отвечает на поставленные вопросы 2 балла – при защите студент показывает знание вопросов темы, оперирует данными исследования, вносит предложения по теме исследования, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы 1 балл – при защите студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не всегда дает исчерпывающие аргументированные ответы на заданные вопросы 0 баллов – при защите студент затрудняется отвечать на поставленные вопросы по ее теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки Максимальное количество баллов – 9.</p>	
--	---	--

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Текущий контроль (письменный опрос)	См. вложенный файл Вопросы ОБиА.doc
Экзамен	См. вложенный файл Вопросы ОБиА.doc
Зачет	бланк расчет характеристик выстрела.docx; бланк расчет 1.doc

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

1. Сихарулидзе, Ю. Г. Баллистика летательных аппаратов Учеб. пособие для вузов. - М.: Наука, 1982. - 351 с. ил.

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

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. нет

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

2. нет

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Материалы кафедры	Учебно-методические материалы кафедры	Локальная Сеть / Авторизованный

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	611 (3)	компьютер, телевизор, стенды, макеты, образцы

Практические занятия и семинары	303 (2)	нет
Самостоятельная работа студента	302 (2)	рабочий блокнот