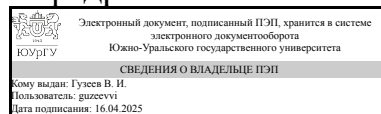


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



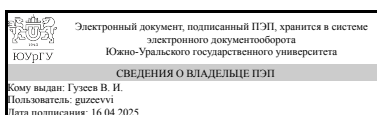
В. И. Гузеев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.06.02 Применение метода конечных элементов в технологических задачах
для направления 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
уровень Магистратура
магистерская программа Обеспечение эффективности киберфизических систем и технологий в машиностроении
форма обучения очная
кафедра-разработчик Технологии автоматизированного машиностроения

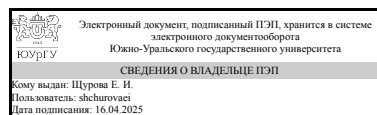
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, утверждённым приказом Минобрнауки от 17.08.2020 № 1045

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



В. И. Гузеев

Разработчик программы,
к.техн.н., старший преподаватель



Е. И. Щурова

1. Цели и задачи дисциплины

Овладение магистрами техники и технологий направления подготовки 15.04.05 технологиями разработки проектов машиностроительных изделий, технологических процессов и производств, с использованием современных цифровых систем автоматизированного проектирования, включая численные методы расчета, а именно: методы проектирования процессов формообразования и элементов технологических систем с использованием метода конечных элементов, метода конечных разностей и численного геометрического моделирования. Задачи дисциплины: освоение приемов численного моделирования физических явлений в механообработке с использованием метода конечных элементов, метода конечных разностей (для сравнение с МКЭ); применение численного геометрического моделирования в задачах формообразования для последующего получения конечно-элементных, конечно-разностных или SPH моделей.

Краткое содержание дисциплины

Математические основы и программные средства для решения конструкторско-технологических задач на основе численных методов: метода конечных элементов, метода конечных разностей для решения физических задач и дискретного твердотельного (воксельного) моделирования для решения геометрических задач с последующим получением сеток конечных элементов, конечных разностей или SPH моделей.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 Способен участвовать в разработке проектов машиностроительных изделий, технологических процессов и производств, с использованием современных цифровых системы автоматизированного проектирования, разрабатывать обобщенные варианты решения проектных задач, анализировать и выбирать оптимальные решения, определять показатели технического уровня проектируемых процессов машиностроительных производств	Знает: Известные численные методы анализа, включая метод конечных элементов, и способы их применения для решения новых научных и технических проблем конструкторско-технологического направления; Умеет: - Применять известные численные методы анализа, прежде всего метод конечных элементов, для решения новых научных и технических проблем конструкторско-технологического направления; - Выбирать программы расчета технических характеристик машиностроительных производств на основе численных методов расчета (ANSYS, CAE модули в программах типа Solidworks, T-Flex, в зависимости от наличия лицензий в Университете); Имеет практический опыт: Использования известных численных методов анализа, прежде всего метода конечных элементов, для решения новых научных и технических проблем конструкторско-технологического направления;

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Современные проблемы инструментального обеспечения машиностроительных производств, Автоматизированное проектирование деталей и механизмов в CAD-системах, Производственная практика (технологическая, проектно-технологическая) (2 семестр)	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Автоматизированное проектирование деталей и механизмов в CAD-системах	Знает: Умеет: - Использовать CAD-системы для выявления конструктивных особенностей машиностроительных изделий высокой сложности, влияющих на выбор метода получения исходной заготовки;- Использовать CAD- и CAPP- системы для оформления технологической документации на технологические процессы изготовления машиностроительных изделий высокой сложности; Имеет практический опыт: - Выбора с применением CAD, CAPP-систем вида и методов изготовления исходных заготовок для машиностроительных изделий высокой сложности;- Разработки с применением CAD-, CAPP-систем единичных технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности;- Оформления с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем технологической документации на технологические процессы изготовления машиностроительных изделий высокой сложности;
Современные проблемы инструментального обеспечения машиностроительных производств	Знает: Умеет: - Устанавливать основные требования к специальным приспособлениям для установки заготовок на станках с целью реализации разработанных технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности; - Использовать CAPP-системы для разработки маршрутных и операционных технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности; Имеет практический опыт: - Выбора стандартных инструментов, необходимых для реализации разработанных технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности;- Разработки технических заданий на проектирование специальных металлорежущих инструментов, необходимых для реализации разработанных технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой

	сложности;
Производственная практика (технологическая, проектно-технологическая) (2 семестр)	Знает: - Материалы, оборудование, инструменты, технологическую оснастку, средства автоматизации, контроля, диагностики, управления используемые в современных машиностроительных производствах;- Средства технологического оснащения, контрольно-измерительные приборы и инструмент, применяемые в организации;; - Способы оценки эффективности производственных процессов; Умеет: - Давать оценку технических и эксплуатационных характеристик машиностроительных производств и средств реализации производственных и технологических процессов изготовления машиностроительной продукции;; - Разрабатывать эффективные технологии изготовления машиностроительных изделий;- Использовать автоматизированные системы технологической подготовки различного назначения; Имеет практический опыт: - Выбора эффективных материалов, оборудования, инструментов, технологической оснастки, средств автоматизации, контроля, диагностики машиностроительного производства;; - Сбора информации о технологиях изготовления машиностроительных изделий, методах повышения их эффективности, средствах модернизации и автоматизации машиностроительных производств;;

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)	8	8
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	40	40
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75
Подготовка отчета по результатам выполнения практических занятий по разделам дисциплины	23,75	23.75
Изучение конспекта лекций для сдачи зачета и подготовка к тестам по результатам выполнения практических занятий по первой и второй частей курса.	30	30

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	Элементы теории упругости в задачах металлообработки. Решение задачи кручения метчика. Вывод дифференциального уравнения для расчета напряжений в метчике. Основная концепция численных методов расчета. Метод конечных разностей (МКР). Определение температур и напряжений в метчике МКР.	1	1	0	0
2	Метод конечных элементов (МКЭ). Общая схема, обзор основных методов решения краевых задач. Интерполяционные полиномы и виды конечных элементов (КЭ).	2	2	0	0
3	Расчет температурного поля в хвостовике метчика с использованием вариационного исчисления и метода Галеркина. Решение двумерных задач МКЭ на основе вариационной теории (на примере расчета бесстружечного метчика на кручение).	2	2	0	0
4	Современные программные средства реализации МКЭ, типы элементов, основные команды и приемы работы.	31	1	30	0
5	Расчет точности обработки и параметров инструментов на основе дискретного твердотельного моделирования (ДТМ). Основные понятия и расчетные схемы. Получение сеток для решения задач методом конечных элементов. Расчет параметров получаемой детали с учетом технологических факторов. Получение сеток для решения задач методом конечных элементов.	12	2	10	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Элементы теории упругости в задачах металлообработки. Решение задачи кручения метчика. Вывод дифференциального уравнения для расчета напряжений в метчике. Основная концепция численных методов расчета. Метод конечных разностей (МКР). Определение температур и напряжений в метчике МКР.	1
2	2	Метод конечных элементов (МКЭ). Общая схема, обзор основных методов решения краевых задач. Интерполяционные полиномы и виды конечных элементов (КЭ).	2
3	3	Расчет температурного поля в хвостовике метчика с использованием вариационного исчисления и метода Галеркина. Решение двумерных задач МКЭ на основе вариационной теории (на примере расчета бесстружечного метчика на кручение).	2
4	4	Современные программные средства реализации МКЭ, типы элементов, основные команды и приемы работы.	1
5	5	Расчет точности обработки и параметров инструментов на основе дискретного твердотельного моделирования (ДТМ). Основные понятия и расчетные схемы. Получение сеток для решения задач методом конечных элементов. Расчет параметров получаемой детали с учетом технологических	2

	факторов. Получение сеток для решения задач методом конечных элементов.	
--	---	--

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	4	Изучение трех вариантов работы с проектами в ANSYS. Параметризация, проектные работы на основе многовариантности расчетов. Создание расчетных геометрических моделей средствами ANSYS и импортом из различных CAD систем. Проблемы передачи данных через универсальные форматы файлов. Разработка CAD модели металлорежущего инструмента, выдаваемого по вариантам (или детали по теме магистерской работы) в SolidWorks	6
2	4	Упрощение геометрии исследуемой детали, удаление галтелей, фасок, пазов в местах не существенных для целей расчетов. Упрощение моделей режущих инструментов при расчете их прочности и деформаций от сил резания.	4
3	4	Проблемы создания сеток из тетраэдрных и восьмиузловых конечных элементов. Способы преодоления ограничений для создания восьмиузловых конечных элементов в телах произвольных объемов. Команды загущения и разряжения сеток. Оформление соответствующей части отчета по практической работе.	4
4	4	Материалы и их характеристики. Способы ввода линейных и нелинейных свойств материала. Модели материалов для динамического анализа. Выбор типа конечных элементов. Линейные и нелинейные элементы для решения задач статики, термодинамики и связанных задач	4
5	4	Способы закрепления исследуемой детали. Команды выбора геометрических элементов детали и узлов на этих элементах. Проблемы сингулярностей для локальных закреплений конструкции и локальных нагрузок. Варианты задания распределенных нагрузок на поверхностях исследуемых деталей. Оформление соответствующей части отчета по практической работе.	4
6	4	Сообщения "Процессора" в процессе расчетов и их анализ. Проблемы точности расчетов во взаимосвязи с размерами конечных элементов. Расчеты и ограничения по возможностям компьютерной техники. Результаты расчетов, виды напряжений и деформаций, картины распределения последних и распечатки.	4
7	4	Результаты расчетов, виды напряжений и деформаций, картины распределения последних и распечатки. Оформление соответствующей части отчета по практической работе.	4
8	5	Создание адекватных реальным трехмерных моделей режущих инструментов (метчиков) на основе дискретного твердотельного моделирования (ДТМ). Расчет их основных характеристик, включая расчет приведенного среднего диаметра резьбы.	6
9	5	Выполнение симуляции обработки фасонной детали на станке с ЧПУ с учетом износа фрезы. Исследование величин отклонений получаемой поверхности обработанной заготовки с учетом и без учета износа фрезы	4

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 отчета по результатам выполнения практических занятий по разделам дисциплины	Щуров, И.А. Численные методы расчета в металлообработке: Текст лекций/ И.А. Щуров.– Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. – 2005. – 83 с. Щуров, И. А. Расчет точности обработки и параметров инструментов на основе дискретного твердотельного моделирования: Моногр./И. А. Щуров; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Станки и инструмент; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Станки и инструмент; ЮУрГУ.- Челябинск:Издательство ЮУрГУ,2004.- 319 с.	3	23,75
Изучение конспекта лекций для сдачи зачета и подготовка к тестам по результатам выполнения практических занятий по первой и второй частей курса.	Щуров, И.А. Численные методы расчета в металлообработке: Текст лекций/ И.А. Щуров.– Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. – 2005. – 83 с. Щуров, И. А. Расчет точности обработки и параметров инструментов на основе дискретного твердотельного моделирования: Моногр./И. А. Щуров; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Станки и инструмент; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Станки и инструмент; ЮУрГУ.- Челябинск:Издательство ЮУрГУ,2004.- 319 с.	3	30

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	Отчет по выполненным практическим работам по теме (пример): "Токарный проходной прямой резец 2100-0303 ВК6 ГОСТ 18878-73. Расчет напряжений и деформаций"	1	10	Отлично: Отчет с правильным выполнением всех разделов заданий, выданных на практических работах. Загрузка в "Электронный ЮУрГУ" 1) отчета в виде файла с именем "familyname.doc" или "familyname.docx" (familyname-фамилия студента на английском языке); 2) файла CAD модели рассчитываемого объекта с именем "familyname.x_t"; log-файла актуальных команд ANSYS с именем	зачет

					"familyname.txt" . Согласно БРС выставляется максимальная оценка 10 баллов. Хорошо: Отчет с правильным выполнением 75 % разделов заданий, выданных на практических работах. Загрузка в "Электронный ЮУрГУ" любого из указанных выше файлов с ошибочными (несоответствующим указанным выше) названиями. Согласно БРС выставляется оценка 8 баллов. Удовлетворительно: Отчет с правильным выполнением 60 % разделов заданий, выданных на практических работах. Загрузка в "Электронный ЮУрГУ" любого из указанных выше файлов с ошибочными (несоответствующим указанным выше) названиями или в неверном формате (не doc или не docx, не x_t, не txt форматы). Согласно БРС выставляется оценка 6 баллов. Неудовлетворительно: Отчет с правильным выполнением 59% и менее разделов заданий, выданных на практических работах. Загрузка в "Электронный ЮУрГУ" любого из указанных выше файлов с ошибочными (несоответствующим указанным выше) названиями или не читаемыми в MS Word, ANSYS форматами. Согласно БРС выставляется оценка 0 баллов.		
2	3	Текущий контроль	Компьютерное тестирование по всем разделам, связанным с выполняемыми практическими работами в рамках теоретической части №1 "Физическое моделирование" данной дисциплины	1	20	Проверка компетенций производится по результатам изучения теоретического материала и выполнения практических работ. Оценка знаний производится при условии загрузки отчета по практическим занятиям и двух файлов проекта. Отлично: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 85-100%, то количество баллов, соответственно, от 17 до 20. Хорошо: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 75-84%, то количество баллов, соответственно, от 15 до 16. Удовлетворительно: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 60-74%, то количество баллов, соответственно, от 12 до 14. Неудовлетворительно: Если правильные ответы на поставленные	зачет

						вопросы составляют: 0-59%, то количество баллов, соответственно, от 0 до 10.	
3	3	Текущий контроль	Компьютерное тестирование по всем разделам, связанным с выполняемыми практическими работами в рамках практической части №1 "Физическое моделирование" данной дисциплины	1	20	Проверка компетенций производится по результатам изучения теоретического материала и выполнения практических работ. Оценка знаний производится при условии загрузки отчета по практическим занятиям и двух файлов проекта. Отлично: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 85-100%, то количество баллов, соответственно, от 17 до 20. Хорошо: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 75-84%, то количество баллов, соответственно, от 15 до 16. Удовлетворительно: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 60-74%, то количество баллов, соответственно, от 12 до 14. Неудовлетворительно: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 0-59%, то количество баллов, соответственно, от 0 до 10.	зачет
4	3	Текущий контроль	Компьютерное тестирование по всем разделам, связанным с выполняемыми практическими работами в рамках теоретической части №2 "Геометрическое моделирование" данной дисциплины	1	20	Проверка компетенций производится по результатам изучения теоретического материала и выполнения практических работ. Оценка знаний производится при условии загрузки отчета по практическим занятиям и двух файлов проекта. Отлично: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 85-100%, то количество баллов, соответственно, от 17 до 20. Хорошо: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 75-84%, то количество баллов, соответственно, от 15 до 16. Удовлетворительно: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 60-74%, то количество баллов, соответственно, от 12 до 14. Неудовлетворительно: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 0-59%, то количество баллов, соответственно, от 0 до 10.	зачет
5	3	Промежуточная аттестация	Компьютерное тестирование по всем разделам	-	40	Уровни сформированности компетенций следующие: Отлично: Если правильные ответы на	зачет

			лекций на основе изданного конспекта этих лекций		поставленные вопросы составляют: 85-100%, то количество баллов, соответственно, от 34 до 40. Хорошо: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 75-84%, то количество баллов, соответственно, от 30 до 33. Удовлетворительно: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 60-74%, то количество баллов, соответственно, от 24 до 29. Неудовлетворительно: Если правильные ответы на поставленные вопросы составляют: 0-59%, то количество баллов, соответственно, от 0 до 23.	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Тестирование. В соответствии с Положением о БРС от 2022 г. студент имеет право не сдавать зачет. В этом случае все проценты контрольных мероприятий текущего контроля умножаются на коэффициент 1,0, а не на 0,6. Критерии оценивания - в соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-4	Знает: Известные численные методы анализа, включая метод конечных элементов, и способы их применения для решения новых научных и технических проблем конструкторско-технологического направления;		+		++	+
ПК-4	Умеет: - Применять известные численные методы анализа, прежде всего метод конечных элементов, для решения новых научных и технических проблем конструкторско-технологического направления; - Выбирать программы расчета технических характеристик машиностроительных производств на основе численных методов расчета (ANSYS, CAE модули в программах типа Solidworks, T-Flex, в зависимости от наличия лицензий в Университете);		+			
ПК-4	Имеет практический опыт: Использования известных численных методов анализа, прежде всего метода конечных элементов, для решения новых научных и технических проблем конструкторско-технологического направления;		+		+	

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Щуров И. А. Расчет точности обработки и параметров инструментов на основе дискретного твердотельного моделирования : Моногр. / И. А. Щуров; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Станки и инструмент; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2004. - 319 с. : ил.
2. Щуров И. А. Численные методы расчета в металлообработке : Текст лекций / И. А. Щуров; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Станки и инструмент; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2005. - 82, [1] с.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

1. СТИН : науч.-техн. журн. / ТОО "СТИН". - М., 1935-. -
2. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение / Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2001-. -. URL: <http://vestnik.susu.ac.ru/>

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Щуров, И. А. Расчет точности обработки и параметров инструментов на основе дискретного твердотельного моделирования Моногр. И. А. Щуров; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Станки и инструмент; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. - 319 с. ил. https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000436340&dtype=F&etype
2	Основная литература	Электронный каталог ЮУрГУ	Щуров, И. А. Сквозное проектирование в металлообработке на базе CAD/CAM/CAE Текст учеб. пособие И. А. Щуров ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Станки и инструмент ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2013. - 136, [1] с. ил. https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD1&key=000436284&dtype=F&etype

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
3. -Borland Developer Studio(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	202 (1)	Компьютерный класс с 10 восьмиядерными компьютерами, с установленными на них программным обеспечением раздела "ИТ в образовании" рабочей программы данной дисциплины. 2. Проектор с экраном для показа презентаций и порядка работы с изучаемыми в дисциплине программами.
Пересдача	202 (1)	Компьютерный класс с 10 восьмиядерными компьютерами для проведения очного повторного тестирования студентов по текущей (2 теста) и промежуточной (1 тест) видам аттестации.
Зачет	202 (1)	Компьютерный класс с 10 восьмиядерными компьютерами для проведения очного тестирования студентов по текущей (2 теста) и промежуточной (1 тест) видам аттестации.
Лекции	202 (1)	Компьютер с установленным на нем программным обеспечением раздела "ИТ в образовании" рабочей программы данной дисциплины. 2. Проектор с экраном для показа презентаций и порядка работы с изучаемыми в дисциплине программами.
Контроль самостоятельной работы	202 (1)	Компьютерный класс с 10 восьмиядерными компьютерами для предварительного просмотра файлов отчетов студентов по выполненным ими практическим работам на основе выданных им бланков заданий.