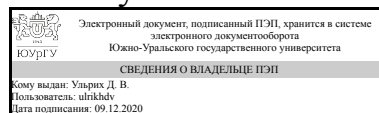


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Архитектурно-строительный
институт



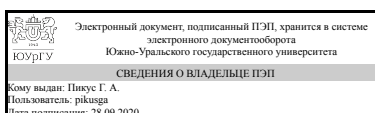
Д. В. Ульях

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины П.1.В.06.02 Динамика поврежденных конструкций
для направления 08.06.01 Техника и технологии строительства
уровень аспирант тип программы
направленность программы
форма обучения очная
кафедра-разработчик Строительное производство и теория сооружений

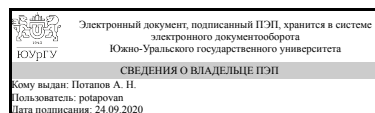
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 08.06.01 Техника и технологии строительства, утверждённым приказом Минобрнауки от 30.07.2014 № 873

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



Г. А. Пикус

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



А. Н. Потапов

1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина “Динамика поврежденных конструкций” базируется на курсах технической механики, строительной механики, динамики и устойчивости сооружений. При изучении используется аппарат высшей математики и матричной алгебры. Цели дисциплины: Приобретение знаний, умений и навыков по оценке прочности и жесткости динамических конструкций при их колебаниях с нелинейной восстанавливающей силой. Задачи дисциплины: Подготовка студента к выполнению научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени.

Краткое содержание дисциплины

Дисциплина "Динамика поврежденных конструкций" опирается на материал, связанный с упругим анализом динамических конструкций. Начальные сведения по данной дисциплине студенты получают при изучении курса "Динамика и устойчивость сооружений" в рамках магистерской программы "Компьютерные технологии проектирования зданий и сооружений" (направление подготовки 08.04.01 Строительство). Основу дисциплины "Динамика поврежденных конструкций" составляет теория временного анализа дискретных диссипативных систем (ДДС). Кратко излагаются основные положения данной теории при упругом анализе. Дается построение расчётной динамической модели (РДМ), вывод уравнения движения ДДС. Приведены математические модели упругих колебаний, включающие вывод, анализ и решение характеристического матричного квадратного уравнения (МКУ). Рассматривается ряд свойств матричных корней МКУ, с помощью которых проводится построение динамической реакции ДДС в матричной форме интеграла Дюамеля и его частные случаи. Рассматриваются нелинейные колебания при конструктивно-нелинейной работе ДДС, связанной с внезапными отказами (разрушениями) несущих элементов. Записываются физические соотношения между динамической восстанавливающей силой (ДВС) и относительными перемещениями, играющие ключевую роль в построении математических моделей нелинейных колебаний. Построение физической модели конструктивного элемента при отказе (разрушении) связи. Диаграмма деформирования конструктивного элемента в координатах "динамическая восстанавливающая сила - относительное перемещение". Математические модели нелинейных колебаний при внезапном выключении несущего элемента конструкции. Построение матриц масс, демпфирования и жёсткости в заданном и повреждённом состояниях расчётной динамической модели (РДМ). Запись динамической реакции при свободных и вынужденных колебаниях модели до и после повреждения. Примеры анализа реакции системы с учётом разрушения связи, нелинейных колебаний: при внезапном выключении (разрушении) несущего элемента конструкции. Уравнения движения РДМ и уравнения динамической реакции в момент выключения связи. Оценки, связанные с эффектом выключения. Приводятся примеры конструктивно-нелинейного анализа реакции системы.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
--	---

ПК-1.1 умением выполнять методы расчета сооружений и их элементов на прочность, устойчивость и колебания при силовых, температурных и других воздействиях	Знать: основные положения, принципы и методы теории временного анализа реакции дискретных диссипативных конструкций при силовых воздействиях; базовые средства программирования, операторы, функции и графические средства системы Matlab.
	Уметь: применять методы расчёта в динамическом анализе конструкций с нелинейной восстанавливающей силой; самостоятельно составлять программу по заранее разработанному алгоритму.
	Владеть: современными компьютерными технологиями, в частности, математическим программным обеспечением Matlab.
ПК-2.2 умением создавать наиболее совершенные и надежные конструкции, рациональные и комфортные объемно-планировочные решения зданий и сооружений	Знать: Научные и методологические основы, методы исследования, совершенствования, теоретического, экспериментального и технико-экономического обоснования расчета и проектирования современных конструкций
	Уметь: Проводить разработку научных и методологических основ, исследование, совершенствование, теоретическое и экспериментальное обоснование алгоритмов и методов анализа строительных конструкций
	Владеть: методами исследования строительных конструкций при динамических воздействиях в решении физически и конструктивно нелинейных задач.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Научно-исследовательская деятельность (1 семестр)	П.1.В.04 Математическое моделирование, Научно-исследовательская деятельность (3 семестр)

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

Дисциплина	Требования
Научно-исследовательская деятельность (1 семестр)	Знать: основные направления, проблемы, теории и методы профессиональной области; современные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии. Уметь: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; формировать и аргументировано отстаивать собственную позицию по различным проблемам профессиональной области; применять современные методики и приемы для решения профессиональных задач. Владеть: навыками сбора, обработки, анализа и систематизации

	информации по теме исследования; технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований; навыками применения современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.
--	--

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		2
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	40	40
Лекции (Л)	40	40
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	68	68
Выполнение семестрового задания (реферата)	30	30
Подготовка к контрольным работам и экзамену	33	33
Защита семестрового задания (реферата)	2	2
Проведение контрольных работ и экзамена	3	3
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Упругий анализ дискретных диссипативных систем. Интеграл Дюамеля в общем виде	12	12	0	0
2	Частные случаи интеграла Дюамеля.	12	12	0	0
3	Физическая и математическая модели колебаний конструктивно нелинейной системы при отказе (разрушении) связи и при работе односторонней связи.	16	16	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Упругий анализ дискретной диссипативной системы (ДДС). Построение расчётной динамической модели (РДМ): матрицы масс, жёсткости и демпфирования. Дифференциальное уравнение движения ДДС. Понятие о фундаментальной матрице. Характеристическое уравнение движения собственных форм (УДСФ) колебаний РДМ - матричное квадратное уравнение.	2

2	1	Анализ и решение УДСФ. Обобщённая теорема Виета о матричных корнях УДСФ. Структура решения УДСФ, корневые пары. Спектральное разложение матричных корней и свойства этого разложения. Диагональная матрица спектра: матрица коэффициентов демпфирования и матрица собственных частот.	4
3	1	Итерационный метод решения уравнения движения собственных форм (УДСФ). Основные соотношения УДСФ в базисе собственных векторов.	2
4	1	Матрица внутренних динамических характеристик (МВДХ) и её свойства. Специальные свойства МВДХ и её характеристики в структуре решения. Вывод фундаментальных соотношений в задаче свободных колебаний при невырожденной МВДХ.	2
5	1	Обобщённая ортогональность форм собственных колебаний упругой ДДС. Вывод условий обобщённой ортогональности. Механический смысл условий обобщённой ортогональности.	2
6	2	Построение динамической реакции ДДС в матричной форме интеграла Дюамеля. Вывод уравнения динамической реакции при свободных колебаниях. Вывод уравнения динамической реакции при вынужденных колебаниях. Преобразование интеграла Дюамеля.	2
7	2	Частные случаи интеграла Дюамеля. Вывод уравнения динамической реакции при действии: внезапно приложенной постоянной нагрузки, действующей длительное время и фиксированное время, после чего нагрузка внезапно обрывается. Вывод уравнения динамической реакции при действии вибрационной нагрузки.	4
8	2	Частные случаи интеграла Дюамеля: вывод уравнения динамической реакции при действии синусоидального импульса и периодического импульса прямоугольной и синусоидальной формы.	2
9	2	Построение динамической реакции с учётом действия статической нагрузки. Вывод условия статического равновесия из общего уравнения динамической реакции. Построение системы разрешающих уравнений в двух случаях, когда динамическая система до момента приложения нагрузки находилась: 1) в состоянии покоя и 2) в состоянии движения.	2
10	2	Пример динамического анализа колебаний конструкции (балки или рамы или фермы) от действия импульсных и вибрационных сил. Анализ результатов.	2
11	3	Моделирование физических соотношений для динамической восстанавливающей силы (ДВС) при выключении связи в j-м конструктивном элементе системы. Диаграмма деформирования "ДВС - относительное перемещение". Построение математических моделей нелинейных колебаний при внезапном выключении несущего элемента конструкции.	2
12	3	Построение матриц расчётной динамической модели (РДМ): масс, демпфирования, жёсткости. Учёт внутреннего трения по модели однородного и неоднородного демпфирования. Корректировка параметров РДМ при разрушении связи. Построение фундаментальных решений с "новой" матрицей - МВДХ. Формирование реакции системы на новом интервале времени с учётом постановки начальных условий.	4
13	3	Кинематические (перемещения, скорости, ускорения) и силовые (восстанавливающие, диссипативные и инерционные силы) параметры реакции ДДС. Анализ реакции расчётной модели в момент разрушения связи. Скачки у ускорений и силовых параметров реакции. Условия, при которых отсутствуют скачки у диссипативных сил. Сравнительный анализ повреждённой системы с трением и без трения. Разбор данной ситуации на примере колебаний двухпролётной металлической балки при разрушении промежуточной опоры.	4
14	3	Анализ реакции расчётной модели в момент разрушения связи. Скачки у кинематических и силовых параметров реакции. Рассмотрение двух ситуаций	4

		с начальными условиями. Первый случай: Система до повреждения связи находилась в состоянии покоя. Второй случай: моменту разрушения связи предшествовало действие динамической нагрузки, т.е. перед разрушением связи система совершала колебания. Сравнительный анализ результатов	
15	3	Заключительная лекция.	2

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Выполнение семестрового задания (реферата)	[1], Гл. 2, с. 33-52, гл.3, с. 53-69, гл. 4, с. 70-79; гл. 6-8, с. 89-136; [2], гл. 11, с. 279-305, гл. 13, с. 433-517; [3]. гл. 10, с. 278-338	30
Подготовка к контрольным работам и экзамену	[1], Гл. 2, с. 33-52, гл.3, с. 53-69, гл. 4, с. 70-79; гл. 6-8, с. 89-136; [2], гл. 11, с. 279-305, гл. 13, с. 433-517; [3]. гл. 10, с. 278-338	33
Защита семестрового задания (реферата)	[1], Гл. 2, с. 33-52, гл.3, с. 53-69, гл. 4, с. 70-79; гл. 6-8, с. 89-136; [2], гл. 11, с. 279-305, гл. 13, с. 433-517; [3]. гл. 10, с. 278-338	2
Проведение контрольных работ и экзамена	[1], Гл. 2, с. 33-52, гл.3, с. 53-69, гл. 4, с. 70-79; гл. 6-8, с. 89-136; [2], гл. 11, с. 279-305, гл. 13, с. 433-517; [3]. гл. 10, с. 278-338	3

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Разбор конкретных ситуаций	Лекции	Выявление свойств матрицы внутренних динамических характеристик: диагональные матрицы коэффициентов демпфирования и собственных частот, матрица собственных форм; Построение математических моделей при разрушении связей.	6

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
Упругий анализ дискретных диссипативных систем. Интеграл Дюамеля в общем виде	ПК-1.1 умением выполнять методы расчета сооружений и их элементов на прочность, устойчивость и колебания при силовых, температурных и других воздействиях	контрольные работы, экзамен	1-10
Частные случаи интеграла Дюамеля.	ПК-2.2 умением создавать наиболее совершенные и надежные конструкции, рациональные и комфортные объемно-планировочные решения зданий и сооружений	контрольные работы, экзамен	11-18
Физическая и математическая модели колебаний конструктивно нелинейной системы при отказе (разрушении) связи и при работе односторонней связи.	ПК-1.1 умением выполнять методы расчета сооружений и их элементов на прочность, устойчивость и колебания при силовых, температурных и других воздействиях	контрольные работы, экзамен	19-27
Все разделы	ПК-1.1 умением выполнять методы расчета сооружений и их элементов на прочность, устойчивость и колебания при силовых, температурных и других воздействиях	семестровое задание (реферат)	28-50

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
контрольные работы, экзамен	Экзамен проводится в письменной форме. В каждом билете по два вопроса. Время на ответ – 45 мин. По результатам проверки студенту могут быть заданы дополнительные вопросы	Отлично: 5 баллов: свободное владение полученными знаниями, навыками и умениями (90-100% объема курса), проявлении творческого подхода (синтез новых знаний). Хорошо: 4 балла: хорошее владение полученными знаниями, навыками и умениями в основном объеме курса (75-90%). Удовлетворительно: 3 балла: достаточное владение полученными знаниями, навыками и умениями в объеме курса (50-75%). Неудовлетворительно: 2 балла: посредственное владение полученными знаниями, навыками и умениями в объеме курса (0-50%) или полное незнание.
семестровое	Темы выдаются в первую неделю	Отлично: Отлично: при полном раскрытии

задание (реферат)	семестра. Тема может быть скорректирована при согласовании с преподавателем. В последнюю неделю семестра аспирант сдает реферат на проверку и допускается к защите при отсутствии замечаний	темы, объеме реферата согласно заданию или более, количестве источников пять и более, хорошее знакомство с источниками, соблюдении логики изложения и терминологии, свободном владении полученными знаниями, проявлении творческого подхода к теме (новые выводы). Хорошо: Хорошо: 4 балла: при достаточно полном раскрытии темы, объеме реферата согласно заданию, количестве источников не менее пяти, удовлетворительном соблюдении логики изложения и терминологии, владении полученными знаниями Удовлетворительно: Удовлетворительно: 3 балла: при недостаточно полном раскрытии темы, малом объеме реферата согласно заданию, количестве источников от трех до пяти, удовлетворительном соблюдении логики изложения и терминологии, фрагментарном владении полученными знаниями. Неудовлетворительно: Неудовлетворительно: 2 балла: в случае, если тема не раскрыта, объем реферата не соответствует заданию, количество источников менее трех, неудовлетворительном соблюдении логики изложения и терминологии, плохом овладении полученными знаниями.
-------------------	---	---

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
контрольные работы, экзамен	Типовые контрольные задания 1. Понятие о фундаментальной матрице однородного уравнения движения 2. Физический смысл матричного квадратного уравнения 3. Понятие о матрице внутренних динамических характеристик системы. 4. Структура уравнения реакции упругой ДДС (в форме интеграла Дюамеля) 5. Вид реакции системы при нулевых начальных условиях 6. Параметры собственных колебаний реакции ДДС при вынужденных колебаниях 7. Структура реакции системы при внезапно приложенной нагрузке 8. Запись реакции ДДС при вибрационной нагрузке, когда во всех узлах дискретной системы угловые частоты и начальные фазы одинаковы 9. То же самое, когда параметры вибрационной нагрузки (угловые частоты и начальные фазы) в узлах ДДС не одинаковы 10. О единственности решения диссипативной системы при резонансе при действии вибрационной силы 11. Диаграмма деформирования при внезапном выключении связи. 12. О выполнении или не выполнении условия статического равновесия при внезапном выключении связи 13. Начальные условия системы до и после выключения связи 14. Параметры расчетной динамической модели при внезапном выключении связи 15. Скачки и разрывы у параметров реакции расчетной модели в критической временной точке 16. Частный случай скачков у параметров реакции расчетной модели при отсутствии трения 17. Дополнительный эффект при выключении связи.

	18. Роль параметров системы на влияние дополнительного эффекта. 19. Физический смысл элемента матрицы жёсткости 20. Физический смысл элемента матрицы масс 21. Физический смысл элемента матрицы демпфирования. 22. Диссипация энергии в процессе колебаний системы. 23. Фундаментальная матрица однородного уравнения движения. 24. Матричные соотношения в матричном квадратном уравнении и их физический смысл. 25. Свойства матричных корней матричного квадратного уравнения. 26. Матрица собственных частот колебательной системы. 27. Матрица коэффициентов демпфирования.
семестровое задание (реферат)	Типовые контрольные задания 28. Временной анализ диссипативной системы. 29. Вывод уравнения реакцию диссипативной системы в общем виде. 30. Реакция системы при нулевых начальных условиях. 31. Однородное и неоднородное демпфирование. 32. Свойства форм собственных колебаний диссипативной системы. 33. Условия обобщенной ортогональности собственных форм ДДС и консервативной системы. 34. Параметры собственных колебаний, составляющие реакцию ДДС при вынужденных колебаниях. 35. Кинематические параметры реакции системы 36. Силовые параметры реакции системы. 37. Реакция системы при внезапно приложенной нагрузке. 38. Реакция ДДС при вибрационной нагрузке в случае, когда во всех узлах дискретной системы угловые частоты и начальные фазы одинаковы. 39. Реакция ДДС при вибрационной нагрузке в общем случае (угловые частоты и начальные фазы в узлах ДДС не одинаковы). 40. Реакция ДДС при действии одиночного импульса и периодического импульса. 41. Конструктивно-нелинейная система, ее характеристика и свойства. 42. Диаграмма деформирования при внезапном выключении связи и при действии односторонней связи. 43. Выполняются ли условия статического равновесия при внезапном выключении связи? 44. Какие начальные условия имеет система до выключения связи? 45. Какие параметры расчетной динамической модели изменяются при внезапном выключении связи? 46. Как записывается уравнение движения и реакция ДДС при выключении связи? 47. У каких параметров реакции расчетной модели отсутствуют скачки в критической временной точке? 48. Какие параметры реакции расчетной модели имеют скачки в критической временной точке? 49. Что такое дополнительный эффект при выключении связи? 50. От каких параметров зависит дополнительный эффект?

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Потапов, А. Н. Динамический анализ дискретных диссипативных систем при нестационарных воздействиях Моногр. А. Н. Потапов; Юж.-Урал. гос. ун-т, Архитектур.-строит. фак., Каф. Строит. механика; Юж.-Урал. гос. ун-

т, Архитектур.-строит. фак., Каф. Строит. механика; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2003. - 166,[1] с.

2. Леонтьев, Н. Н. Основы строительной механики стержневых систем Учеб. для строит. специальностей вузов Н. Н. Леонтьев, Д. Н. Соболев, А. А. Амосов. - М.: АСВ, 1996. - 541 с. ил.

3. Анохин, Н. Н. Строительная механика в примерах и задачах [Текст] Ч. 2 Статически неопределимые системы учебное пособие для вузов по строит. специальностям : в 3 ч. Н. Н. Анохин. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. - 463, [1] с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Потапов, А. Н. Строительная механика стержневых систем. Статически определимые системы [Текст] курс лекций А. Н. Потапов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Строит. механика ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2014. - 82, [1] с. ил. электрон. версия

2. Дегтярева, Н. В. Временной анализ конструктивно нелинейных моделей надземных газопроводов при ветровом резонансе [Текст] Автореф. дис. ... канд. техн. наук : Специальность 05.23.17 - Строительная механика Н. В. Дегтярева ; науч. рук. А. Н. Потапов ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Томск, 2009. - 23 с. ил.

3. Потапов, А. Н. Математическая система MATLAB [Текст] Ч. 1 учеб. пособие для самостоят. работы А. Н. Потапов, Е. М. Уфимцев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Строительная механика ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2009. - 73, [2] с. ил. электрон. версия

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

1. Строительная механика и расчет сооружений
2. Journal of engineering mechanic
3. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering (IJCCSE)

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Потапов А.Н., Уфимцев Е.М. Математическая система MATLAB. Учебное пособие по самостоятельной работе.- Челябинск, Изд. ЮУрГУ, 2009.- 76 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

Электронная учебно-методическая документация

Нет

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)

2. -ЛИРА 9.4 PRO(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)
2. -Техэксперт(30.10.2017)

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	604 (1)	Лекционная мультимедийная аудитория Компьютер – 1 шт., проектор – 1 шт., экран – 1 шт. *Microsoft office **Windows, FineReader 8 (ABBYY:FCRM-8000-0004-3380-4394). Учебная лаборатория «Учебный центр «САПР в строительстве» Системный блок Intel + монитор LCD – 13 шт., Проектор ASER PD100D, мультимедийная система: Колонки JetBalanceJB-3812x30Вт-2шт, микрофон SHURE C606-N-динамический с выкл. и кабелем, мультимедийный информационный комплекс: документ-камера ASER Video CP300, монитор ASER 19», специализированный рабочий стол преподавателя, пульт управления видеокоммутатором, принтер лазерный HP6L ANSYS 12.1 Academic Teaching, AutoCAD 2011 Autodesk 3ds Max 2009, Autodesk Revit Architecture 2011, Columbus 2007 (Виртуальные лабораторные по сопротивлению материалов). FEM Models 2.0, GIMP 2.8 Ing+ 2008 (MicroFE); LIRA-SAPR 2013 (R2), OpenOffice 4.0, SMathStudioDesktop 0.96, САПФИР 2013; Виртуальные дидактические модули по направлению «Строительная механика» *Microsoft office **Windows; MathCAD (PTC: order #2456861 #2497812).