

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Системное моделирование

направление подготовки:

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность программы (профиль):

Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра программного обеспечения вычислительной техники и
автоматизированных систем

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Разработка требований и проектирование программного обеспечения	ПК-1 Способен разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение	ПК-1.1 Анализирует требования к программному обеспечению	Знания
		ПК-1.2 Разрабатывает технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие	Умения
		ПК-1.3 Проектирует программное обеспечение	Навыки

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Компетенция ПК-1 Способен разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименования дисциплины
1.	Спецификация, архитектура и проектирование программных систем
2.	Объектно-ориентированное программирование
3.	Системное моделирование
4.	Тестирование программных систем
5.	Производственная преддипломная практика

3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач. единицы, 180 часа.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №4
Общая трудоёмкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	73	73
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	–	–
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	107	107
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	–	–
Расчётно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	–	–
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	53	53
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объём

Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объём на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1.	Основные принципы и понятия системного моделирования				
	Понятие системы, ее свойства и характеристики: целостность, членимость, чувствительность, устойчивость, наблюдаемость. Структура системы, ее виды, типы связей. Типы систем. Математическое моделирование поведения систем. Принципы математического моделирования. Математическая модель системы. Виды моделирования. Этапы разработки математической модели.	2	–	–	1
2.	Методология функционального моделирования				
	Методология и концептуальные положения в IDEF0. Функциональная модель: определения, контекстная диаграмма, диаграмма декомпозиции, диаграмма узлов, FEO. Каркас диаграммы. Проведение экспертизы. Инструментальные средства функционального моделирования. Диаграммы потоков данных в нотации Гейна – Сарсона, работы, внешние сущности, потоки данных. Подходы к построению диаграмм. Описание процессов в IDEF3. Диаграммы, единицы работы, связи, перекрестки, объект ссылки, декомпозиция работ.	10	–	16	24
3.	Математическое моделирование технических систем				
	Детерминированные модели. Число степеней свободы системы, ее координаты, обобщенные координаты. Метод сил составления уравнений поведения системы. Уравнения линейного движения, углового. Вариационные принципы механики. Использование уравнения Лагранжа второго рода для получения уравнений поведения системы. Нелинейные системы, линейные. Линеаризация нелинейных систем. Математическое моделирование поведения стохастических систем. Математическое моделирование случайных воздействий в системе. Датчики случайных чисел. Метод Монте – Карло оценки вероятностных характеристик выходных координат стохастических	10	–	14	20

	систем, метод Доступова.				
4.	Имитационное моделирование				
	Особенности имитационного моделирования. Основные этапы разработки и создания имитационной модели. Транзакты. Проверка адекватности модели, калибровка модели. Системы массового обслуживания. Моделирование с использованием системы Any Logic.	8	–	4	6
5.	Модели системной динамики и агентное моделирование				
	Особенности систем, учитываемые в моделях системной динамики и агентном моделировании. Способы построения моделей. Моделирование задач системной динамики и агентного моделирования с использованием системы AnyLogic.	4	–	–	2
	ВСЕГО	34		34	53

4.2. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к лабораторным занятиям
семестр №4				
1	Методология функционального моделирования	Контекстная диаграмма в нотации IDEF0	2	2
2	Методология функционального моделирования	Диаграммы декомпозиции в нотации IDEF0	6	6
3	Методология функционального моделирования	Диаграммы «Дерево узлов» и диаграмма FEO	2	2
4	Методология функционального моделирования	Диаграммы декомпозиции в нотации DFD	4	4
5	Методология функционального моделирования	Диаграммы декомпозиции в нотации IDEF3	2	2
6	Математическое моделирование технических систем	Создание непрерывных моделей динамических систем в AnyLogic	2	2
7	Имитационное моделирование	Создание гибридных и стохастических моделей в AnyLogic	4	4
8	Математическое моделирование технических систем	Математическое моделирование поведения динамических систем в нелинейной постановке	8	8
9	Математическое моделирование технических систем	Математическое моделирование поведения динамических систем в линейной постановке	4	4
ИТОГО:			34	34

4.3. Содержание курсового проекта/работы

Выполнение курсового проекта/работы не предусмотрено учебным планом.

4.4. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным план включает одно расчётно-графическое задание, для выполнения которого предусмотрено 18 часов самостоятельной работы студента.

Цель РГЗ: Изучение методологий функционального моделирования, использующих пошаговые процедуры и нотации. Формирование у студентов навыков структурного анализа бизнес-процессов, необходимых для проектирования информационных систем, основанных на системном понимании деятельности заказчика.

Тема РГЗ выбирается студентом по согласованию с преподавателем. Тема может быть связана с моделированием отдельных бизнес-процессов предприятия или моделированием деятельности предприятия в целом (для малого бизнеса); тема может быть посвящена проверке остаточных знаний по ранее изученным дисциплинам - процессы выполнения лабораторных работ (например, по физике) и курсовых работ; созданию функциональных моделей процесса решения задач по дисциплинам, изучаемым параллельно с системным моделированием; описанию функционирования технических систем; описанию функционирования информационных систем (точка зрения –пользователь).

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

Компетенция ПК-1 Способен разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.1 Анализирует требования к программному обеспечению	Защита лабораторных работ, экзамен
ПК-1.2 Разрабатывает технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие	Защита лабораторных работ, защита РГЗ
ПК-1.3 Проектирует программное обеспечение	Защита лабораторных работ, защита РГЗ

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) к экзамену

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основные принципы и понятия системного моделирования	Что такое математическая модель?
		Виды математических моделей?
2	Методология функционального моделирования	Начальный этап в разработке ИС.
		Основные подходы к моделированию деятельности предприятия.
		Процесс. Бизнес-процесс.
		CASE-технологии.
		Что такое «нотация»?
		Концептуальные положения IDEF0.
		Синтаксис языка IDEF0.
		Семантика языка IDEF0.
		Область моделирования, цель моделирования, точка зрения, временные рамки модели.
		Что включает в себя IDEF0-модель?
		Контекстная диаграмма верхнего уровня (A-0).
		Диаграмма декомпозиции.
		Родительская диаграмма, дочерняя диаграмма.
		Допустимый интервал числа работ на диаграммах.
		Что такое «порядок доминирования»?
		Отношения блоков на диаграммах (типы связей работ).
		Правила именования разветвляющихся и сливающихся стрелок.
	Назначение туннелированных стрелок.	
	Назначение диаграммы «Дерево узлов» и диаграммы FEO.	
	Назначение методологии DFD.	
	Основные элементы нотации DFD.	

		Сравните методологии IDEF0 и DFD.
		Назначение методологии IDEF3.
		Основные элементы нотации IDEF3.
		Сравните методологии IDEF0 и IDEF3.
		Правила создания гибридных моделей.
		Использование нотации системной динамики AnyLogic для непрерывных моделей динамических систем.
		Что такое гибридная система?
		Что такое стохастическая система?
		Какими средствами в AnyLogic моделируют поведение гибридных систем?
		Область применения системно-динамических моделей.
		Что такое «Отрицательная обратная связь», «Положительная обратная связь»?
3	Математическое моделирование технических систем	Математический аппарат, применяемый в системно-динамических моделях.
4	Модели системной динамики и агентное моделирование	Назначение агентных моделей.
5	Имитационное моделирование	Назначение дискретно-событийного моделирования.
6	Математическое моделирование технических систем	Что такое детерминированная математическая модель?
		Что такое стохастическая математическая модель?
		В чем отличие математической модели статического процесса от динамического?
		Какой математический аппарат используется для создания математических моделей статики, динамики?
		Какой физический закон используют для получения уравнений поведения технической системы в статике?
		Какой физический закон используют для получения уравнений поведения технической системы в динамике?
		Что такое система с сосредоточенными параметрами?
		Какие системы описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями?
		Силы, действующие в технической системе.
		Формулы, задающие величины сил, действующих в технических системах.
		Какие характеристики технической системы используют при составлении уравнений поведения системы в динамике?
		Метод сил составления уравнений, описывающих поведение системы.
		Что такое задачи динамики?
		Использование уравнения Лагранжа второго рода для получения уравнений динамики.
		Какие характеристики стохастической системы получают при моделировании таких систем?
		Как получают решения уравнений статики, динамики.
		Что такое оценка вероятностных характеристик выходных координат системы.
		Метод статистических испытаний.

	Линеаризация уравнений, описывающих поведение системы, по случайным параметрам.
	Метод эквивалентных возмущений. Оценка вероятностных характеристик фазовых координат системы.

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Выполнение курсового проекта/курсовой работы учебным планом не предусмотрено.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль проходит в течение семестра в виде выполнения, защиты лабораторных работ и одного РГЗ. Каждая лабораторная работа проходит процедуру допуска и защиты. Работа допускается к защите в том случае, если выполнены требования к её оформлению и поставленная задача решена правильно. Положительную оценку за выполненную лабораторную работу студент получает в том случае, если он выполнил все требования, предъявляемые к лабораторной работе, и защитил её. Защита лабораторных работ проводится в форме беседы с преподавателем. Для защиты необходимо выучить теоретический материал и выполнить задачу по теме защищаемой лабораторной работы. Оценивается уровень усвоения теоретического материала, а также качество разработанных программ и исходного кода.

Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ приведен в таблице:

Тематика лабораторной работы	Контрольные вопросы и задания
Лабораторная работа №1. Контекстная диаграмма в нотации IDEF0	<ol style="list-style-type: none"> 1. Начальный этап в разработке информационных систем. 2. Основные подходы к моделированию деятельности предприятия. 3. Модели текущего и целевого состояния. 4. Процесс. Бизнес-процесс. 5. CASE-технологии. 6. Что такое «нотация»? 7. Концептуальные положения IDEF0. 8. Синтаксис языка IDEF0. 9. Семантика языка IDEF0. 10. Область моделирования, цель моделирования, точка зрения, временные рамки модели. 11. Что включает в себя IDEF0-модель? 12. Контекстная диаграмма верхнего уровня (A-0). 13. Каково назначение сторон блоков в методологии IDEF0? 14. Охарактеризуйте стрелки входа, выхода, управления, механизма.
Лабораторная работа №2. Диаграммы декомпозиции в	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что представляет собой IDEF0-модель? 2. Что такое «функциональная декомпозиция»? 3. Что такое «родительская диаграмма», «дочерняя диаграмма»?

нотации IDEF0	<ol style="list-style-type: none"> 4. Как формируется ссылочный код функций? 5. Каково ограничение на количество функций на одной диаграмме? 6. Назовите виды отношений функций на диаграмме IDEF0? 7. Типы стрелок. 8. Каково назначение диаграмм «Дерево узлов» и FEO? 9. Назначение текста и глоссария в IDEF0-моделях? 10. Как осуществляется процесс управления моделированием? 11. Каково назначение тоннелированных стрелок? 12. Объясните принцип именования разветвляющихся и сливающихся стрелок.
Лабораторная работа №3. Диаграммы «Дерево узлов» и диаграмма FEO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каково назначение диаграмм «Дерево узлов» 2. Каково назначение диаграмм FEO? 3. Назначение текста и глоссария в IDEF0-моделях? 4. Как осуществляется процесс управления моделированием? 5. Что представляет собой IDEF0-модель?
Лабораторная работа №4. Диаграммы декомпозиции в нотации DFD	<ol style="list-style-type: none"> 1. В чем назначение методологии DFD? 2. Перечислите основные компоненты графического языка DFD. 3. Что моделируют внешние сущности и хранилища данных? 4. Особенности построения контекстной диаграммы в методологии DFD? 5. Что такое «мини-спецификация» DFD-модели? 6. В чем особенности DFD-моделирования по сравнению с IDEF0? 7. Правила построения гибридной модели.
Лабораторная работа №5. Диаграммы декомпозиции в нотации IDEF3	<ol style="list-style-type: none"> 1. В чем назначение методологии IDEF3? 2. Перечислите основные компоненты графического языка IDEF3. 3. Каковы правила отображения функций в методологии IDEF3? 4. Перечислите типы связей функций в методологии IDEF3? 5. Каковы правила отображения связей функций в методологии IDEF3? 6. Перечислите типы перекрестков. 7. В чем назначение объекта ссылки? 8. Правила декомпозиции в методологии IDEF3. 9. Особенности построения контекстной диаграммы в методологии IDEF3. 10. Правила построения гибридной модели.
Лабораторная работа №6. Создание непрерывных моделей динамических систем в AnyLogic	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое динамическая система? 2. Каким математическим аппаратом описываются динамические системы? 3. На какие два класса делятся дифференциальные уравнения? 4. Какое дифференциальное уравнение называется линейным? 5. Методы решения дифференциального уравнения? 6. Что такое число степеней свободы системы? 7. Каким уравнением описывается поведение точечной массы с одной степенью свободы? 8. В чем заключается метод сил для составления дифференциальных уравнений поведения технической системы? 9. Что такое система AnyLogic? 10. Как задают математическую модель системы и исходные данные в AnyLogic?
Лабораторная работа №7. Создание	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое гибридная математическая модель системы? Примеры? 2. Какой математический аппарат используется для создания гибридных математических моделей?

гибридных и стохастических моделей в AnyLogic	3. Как реализуют математические модели гибридных систем для расчета на ЭВМ? 4. Что такое детерминированные и стохастические системы? 5. Что определяют при математическом моделировании детерминированной системы, стохастической? 5. Что такое функция плотности вероятности случайной величины, функция распределения? 6. Характеристики случайной величины? Формулы для их записи? 7. Как учитывают случайные факторы, действующие в стохастической системе? 8. Для чего используется метод статистических испытаний? 9. Недостатки метода статистических испытаний? 10. Метод Доступова анализа стохастических систем? 11. Как осуществляют анализ гибридных систем в AnyLogic? 12. Как осуществляют анализ стохастических систем в AnyLogic?
Лабораторная работа №8. Математическое моделирование поведения динамических систем в нелинейной постановке	1. Что такое нелинейная математическая модель системы? 2. Какие сложности возникают при математическом моделировании нелинейных систем? 3. Методы анализа нелинейных систем? 4. Что является источником нелинейностей в системе? 5. Какой математический аппарат используют для задания нелинейности в математической модели? 6. Как по виду математической модели системы определить линейна она или нелинейна? 7. Какие причины могут привести к расходящемуся решению дифференциальных уравнений, описывающих поведение нелинейной системы?
Лабораторная работа №9. Математическое моделирование поведения динамических систем в линейной постановке	1. Что такое линейная система? 2. Что такое линейная математическая модель системы? 3. Когда линейная математическая модель системы достаточно точно описывает поведение реальной нелинейной системы? 4. Методы создания линейной математической модели нелинейной системы? 5. Какие методы используют для получения решения линейной математической модели системы? 6. Принцип суперпозиции для линейных систем?

Критерии оценки лабораторной работы: лабораторная работа считается защищённой, если студент выполнил задание к работе полностью и во время устного опроса по работе правильно ответил на заданные преподавателем дополнительные вопросы.

Критерии оценки РГЗ:

Оценка	Критерии оценивания
5	Написанная студентом программа полностью отлажена, не имеет ошибок, пояснительная записка составлена грамотно, имеются блок-схемы и спецификации основных подпрограмм, приведены результаты работы программы и тесты.
4	В написанной программе имеются незначительные ошибки-артефакты при визуализации графических моделей. Пояснительная записка содержит незначительные ошибки.
3	Графическая модель имеет большое количество артефактов, т.е. программа является

Оценка	Критерии оценивания
	работоспособной, но плохо отлаженной. Пояснительная записка содержит незначительные ошибки.
2	Написанная программа является неработоспособной, пояснительная записка не соответствует предъявляемым требованиям.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание принципов и понятий системного моделирования
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение решать стандартные профессиональные задачи с применением методов системного моделирования
	Умение проверять решение и анализировать результаты
Навыки	Владение навыками использования инструментальных средств для системного моделирования

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание принципов и понятий системного моделирования	Не знает принципы и понятия системного моделирования	Знает некоторые принципы и понятия системного моделирования	Знает основные принципы и понятия системного моделирования	Знает принципы и понятия системного моделирования
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя

	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение решать стандартные профессиональные задачи с применением методов системного моделирования	Не умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением методов системного моделирования	Допускает неточности в решении стандартных профессиональных задач с применением методов системного моделирования	Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением методов системного моделирования	Безошибочно решает стандартные профессиональные задачи с применением методов системного моделирования
Умение проверять решение и анализировать результаты	Не умеет проверять решение и анализировать результаты	Умеет проверять решение некоторых задач	Умеет проверять решение некоторых задач и анализировать результаты	Умеет проверять решение и анализировать результаты

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение навыками использования инструментальных средств для системного моделирования	Не владеет навыками использования инструментальных средств для системного моделирования	Не достаточно хорошо владеет навыками использования инструментальных средств для системного моделирования	Владеет навыками использования инструментальных средств для системного моделирования	Профессионально владеет навыками использования инструментальных средств для системного моделирования

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель. Мультимедийная установка, экран, доски
2	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий	Специализированная мебель. Компьютеры на базе процессоров Intel или AMD.
3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель. Компьютерная техника, подключенная к сети интернет и имеющая доступ в электронно-образовательную среду

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	Microsoft Windows 10 Корпоративная	(Соглашение Microsoft Open Value Subscription V9221014 Соглашение действительно с 01.11.2020 по 31.10.2023). Договор поставки ПО № 128-21 от 30.10.2021.
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	(Соглашение Microsoft Open Value Subscription V9221014 Соглашение действительно с 01.11.2020 по 31.10.2023). Договор поставки ПО № 128-21 от 30.10.2021.
3.	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5.	Среды программирования Dev C++ , CodeBlocks, Visual Studio Community Edition	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

6.1. Перечень основной литературы

1. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем [Электронный ресурс]: учебник. — Минск: Новое знание, 2013. — 584 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4324>
2. Голубева, Н.В. Математическое моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76825>
3. Белов П.С. Математическое моделирование технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие (конспект лекций). —Егорьевск: Егорьевский технологический институт (филиал) Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», 2016. — 121 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43395.html>
4. Костюкова Н.И. Основы математического моделирования [Электронный ресурс] — М.: ИНТУИТ, 2016. — 219 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73691.html>
5. Введение в математическое моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Н. Ашихмин [и др.]. — М.: Логос, 2016. — 440 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66414.html>
6. Полунин А.И. Системное моделирование. Учебное пособие. – Белгород, БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004, – 97 с.

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л. — Брянск: БГТУ, 2012. — 271 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003>
2. Силич В.А. Моделирование и анализ бизнес-процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Силич В.А., Силич М.П. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011. — 212 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13890>
3. Полунин А.И., Смышляева Л.Г. Математическое моделирование: Методические указания. –Белгород: БТИСМ, 1993, - 48с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Электронная библиотека (на базе ЭБС «БиблиоТех») — Режим доступа: <http://ntb.bstu.ru>
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» — Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/>