

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра вычислительной техники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН АВТФ

к.т.н. Рева И. Л.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Имитационное моделирование

Образовательная программа: 09.03.04 Программная инженерия, профиль: Технологии разработки программного обеспечения

Курс: 2, семестр : 4

Факультет автоматики и вычислительной техники,

		Семестр
№	Вид деятельности	4
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3
2	Всего часов	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	61
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	36
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	8
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	5
10	Самостоятельная работа, час.	47
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ
12	Вид аттестации	ДЗ

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 09.03.04 Программная инженерия

ФГОС введен в действие приказом №229 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 01.04.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 09.03.04 Программная инженерия

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ВТ, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета автоматики и вычислительной техники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Альсова О. К.

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Якименко А. А.

Ответственный за образовательную программу:

доцент Романов Е. Л.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.4 способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий; в части следующих результатов обучения:	
у12. уметь оформлять отчеты по научно-исследовательской работе в соответствии с требованиями ГОСТ	
Компетенция ФГОС: ПК.12 способность к формализации в своей предметной области с учетом ограничений используемых методов исследования; в части следующих результатов обучения:	
у4. уметь обосновывать выбор математических методов (моделей), компьютерных технологий и средств для решения задач исследования объектов профессиональной деятельности	
у5. уметь математически формализовать постановку задачи исследования объектов профессиональной деятельности	
Компетенция ФГОС: ПК.13 готовность к использованию методов и инструментальных средств исследования объектов профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:	
з11. знать методы и инструментальные средства математического моделирования (в том числе имитационного) объектов профессиональной деятельности	
у11. уметь выполнять сравнительный анализ эффективности применения разных методов математического моделирования для исследования объектов профессиональной деятельности	
у12. уметь планировать и проводить машинные эксперименты с имитационными моделями объектов профессиональной деятельности, статистически обрабатывать результаты моделирования	
у13. уметь применять методы и специализированные инструментальные средства математического моделирования (в том числе имитационного) для исследования объектов профессиональной деятельности	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Имитационное моделирование</i>	
ОПК.4.у12 уметь оформлять отчеты по научно-исследовательской работе в соответствии с требованиями ГОСТ	
1. уметь оформлять отчеты по научно-исследовательской работе в соответствии с требованиями ГОСТ	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.12.у4 уметь обосновывать выбор математических методов (моделей), компьютерных технологий и средств для решения задач исследования объектов профессиональной деятельности	
2. уметь обосновывать выбор математических методов (моделей), компьютерных технологий и средств для решения задач исследования объектов профессиональной деятельности	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.12.у5 уметь математически формализовать постановку задачи исследования объектов профессиональной деятельности	
3. уметь математически формализовать постановку задачи исследования объектов профессиональной деятельности	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.13.з11 знать методы и инструментальные средства математического моделирования (в том числе имитационного) объектов профессиональной деятельности	
4. знать методы и инструментальные средства математического моделирования (в том числе имитационного) объектов профессиональной деятельности	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.13.у11 уметь выполнять сравнительный анализ эффективности применения разных методов математического моделирования для исследования объектов профессиональной деятельности	

5. уметь выполнять сравнительный анализ эффективности применения разных методов математического моделирования для исследования объектов профессиональной деятельности	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.13.y12 уметь планировать и проводить машинные эксперименты с имитационными моделями объектов профессиональной деятельности, статистически обрабатывать результаты моделирования	
6. уметь планировать и проводить машинные эксперименты с имитационными моделями объектов профессиональной деятельности, статистически обрабатывать результаты моделирования	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.13.y13 уметь применять методы и специализированные инструментальные средства математического моделирования (в том числе имитационного) для исследования объектов профессиональной деятельности	
7. уметь применять методы и специализированные инструментальные средства математического моделирования (в том числе имитационного) для исследования объектов профессиональной деятельности	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Введение в имитационное моделирование систем				
1. Основные определения и понятия имитационного моделирования систем. Области использования, ограничения, условия применения	0	2	4	изучает теоретический материал, задает вопросы
2. Инструментальные средства имитационного моделирования систем	0	2	4	изучает теоретический материал, задает вопросы
Дидактическая единица: Математические основы имитационного моделирования систем				
3. Моделирование случайных чисел, случайных величин, случайных векторов и процессов	0	6	3, 4, 7	изучает теоретический материал, задает вопросы
Дидактическая единица: Основы теории систем массового обслуживания				
4. Основные методы теории систем массового обслуживания	0	2	3, 4, 7	изучает теоретический материал, задает вопросы
Дидактическая единица: Планирование машинных экспериментов с моделями систем				
5. Планирование машинных экспериментов с моделями систем	0	6	3, 6, 7	изучает теоретический материал, задает вопросы

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Математические основы имитационного моделирования систем				
1. Принципы разработки моделирующих алгоритмов	0	4	2, 4, 7	выполняет лабораторную работу, оформляет отчет, защищает лабораторную работу

2. Разработка имитационных моделей систем в GPSS	2	12	1, 3, 4, 7	выполняет лабораторную работу, оформляет отчет, защищает лабораторную работу
3. Разработка имитационных моделей систем в Extend	2	12	1, 3, 4, 7	выполняет лабораторную работу, оформляет отчет, защищает лабораторную работу
4. Имитационное моделирование событий	2	2	2, 4, 6, 7	выполняет лабораторную работу, оформляет отчет, защищает лабораторную работу
5. Имитационное моделирование случайных величин, обработка результатов моделирования	2	6	2, 4, 5, 6, 7	выполняет лабораторную работу, оформляет отчет, защищает лабораторную работу

Таблица 3.3

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 4				
Дидактическая единица: Введение в имитационное моделирование систем				
1. Введение в имитационное моделирование систем	0	10	4	изучает теоретический материал
Дидактическая единица: Математические основы имитационного моделирования систем				
3. Математические основы имитационного моделирования систем	0	10	3, 7	изучает теоретический материал, выполняет РГР
Дидактическая единица: Основы теории систем массового обслуживания				
2. Основы теории систем массового обслуживания	0	5	2, 4	изучает теоретический материал

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 4				
1	РГЗ	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	15	3
, подробная информация приведена в приложениях №1 №2 №3 : Альсова О. К. Моделирование [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2010]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149133 . - Загл. с экрана. Альсова О. К. Моделирование [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс для 3-4 курсов АВТФ по направлению 230100 «Информатика и вычислительная техника» / Альсова О. К. ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157721 . - Загл. с тит. экрана. Альсова О. К. Имитационное моделирование информационно-вычислительных систем [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000214518 . - Загл. с экрана.				
2	Подготовка к аттестации	4	7	2
, подробная информация приведена в приложении №2 : Альсова О. К. Моделирование [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2010]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149133 . - Загл. с экрана.				

3	Самостоятельное изучение теоретического материала	2, 3, 4, 7	25	0
---	---	------------	----	---

Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.3, подробная информация приведена в приложениях №1 №2 №3 : Альсова О. К. Моделирование [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс для 3-4 курсов АВТФ по направлению 230100 «Информатика и вычислительная техника» / Альсова О. К. ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157721. - Загл. с тит. экрана. Альсова О. К. Имитационное моделирование информационно-вычислительных систем [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000214518. - Загл. с экрана.

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Метод проектов	ОПК.4; ПК.13;
Формируемые умения: з11. знать методы и инструментальные средства математического моделирования (в том числе имитационного) объектов профессиональной деятельности; у12. уметь оформлять отчеты по научно-исследовательской работе в соответствии с требованиями ГОСТ		
Краткое описание применения: разработка имитационной модели системы		
Подробная информация об использовании технологии приводится в "Альсова О. К. Моделирование [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2010]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149133 . - Загл. с экрана."		

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 4		
<i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>	0	
<i>Лабораторная:</i>	10	60
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Альсова О. К. Моделирование [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2010]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149133 . - Загл. с экрана."		

РГЗ:	10	20
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Альсова О. К. Моделирование [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2010]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149133 . - Загл. с экрана."		
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы (задачи список вопросов) приводятся в "Альсова О. К. Моделирование [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2010]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149133 . - Загл. с экрана."		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита РГЗ	Зачет
ОПК.4	у12. уметь оформлять отчеты по научно-исследовательской работе в соответствии с требованиями ГОСТ		+
ПК.12	у4. уметь обосновывать выбор математических методов (моделей), компьютерных технологий и средств для решения задач исследования объектов профессиональной деятельности		+
	у5. уметь математически формализовать постановку задачи исследования объектов профессиональной деятельности		+
ПК.13	з11. знать методы и инструментальные средства математического моделирования (в том числе имитационного) объектов профессиональной деятельности		+
	у11. уметь выполнять сравнительный анализ эффективности применения разных методов математического моделирования для исследования объектов профессиональной деятельности		+
	у12. уметь планировать и проводить машинные эксперименты с имитационными моделями объектов профессиональной деятельности, статистически обрабатывать результаты моделирования	+	+
	у13. уметь применять методы и специализированные инструментальные средства математического моделирования (в том числе имитационного) для исследования объектов профессиональной деятельности	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Сирота А. А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем : [учебное пособие для вузов по специальности "Прикладная информатика (по областям)" и др.] / А. Сирота. - М., 2006. - 279 с. : ил.
2. Альсова О. К. Имитационное моделирование систем в среде ExtendSim : учебное пособие / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 101, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000227593
3. Альсова О. К. Моделирование систем : учебное пособие / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 71, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000068375
4. Информатика [Электронный ресурс] : учебник / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [О. К. Альсова и др.]. - Новосибирск, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000175426. - Загл. с этикетки диска.

5. Казанская О. В. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / О. В. Казанская, О. К. Альсова, С. Г. Юн ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2010]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149255. - Загл. с экрана.
6. Казанская О. В. Модели и методы линейной и векторной оптимизации : учебное пособие / О. В. Казанская, С. Г. Юн, О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 190, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000083719. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".

Дополнительная литература

1. Боев В. Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS WORLD : [учебное пособие] / Василий Боев. - СПб., 2004. - VIII, 348 с. : ил.
2. Томашевский В. Н. Имитационное моделирование в среде GPSS / В. Томашевский, Е. Жданова. - М., 2003. - 412 с. : ил.
3. Лоу А. М. Имитационное моделирование / Аверилл М. Лоу, В. Дэвид Кельтон ; [пер. с англ. под ред. В.Н. Томашевского]. - СПб. [и др.], 2004. - 846 с. : ил., табл.
4. Максимей И. В. Имитационное моделирование на ЭВМ / И. В. Максимей. - М., 1988. - 230, [1] с. : табл., схемы
5. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. - М., 1978. - 399 с. : ил.
6. Рыжиков Ю. И. Имитационное моделирование. Теория и технологии / Ю. И. Рыжиков. - Санкт-Петербург, 2004. - 380 с.
7. Чернецкий В. И. Математическое моделирование стохастических систем / В. И. Чернецкий. - Петрозаводск, 1994. - 488 с. : ил.
8. Колесников Г. С. Имитационное моделирование систем : учебное пособие / Г. С. Колесников, А. Г. Прохоров ; Моск. ин-т радиотехники, электроники и автоматики. - Москва, 1990. - 95 с. : ил.
9. Колесников Г. С. Моделирование сложных систем : учебное пособие / Г. С. Колесников ; Моск. ин-т радиотехники, электроники и автоматики. - Москва, 1986. - 95 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Альсова О. К. Имитационное моделирование информационно-вычислительных систем [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000214518. - Загл. с экрана.
2. Альсова О. К. Моделирование [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / О. К. Альсова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2010]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149133. - Загл. с экрана.

3. Моделирование систем. Ч. 1 : методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Моделирование" для 3-4 курсов АВТФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. О. К. Альсова]. - Новосибирск, 2006. - 66, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000059500

4. Моделирование систем. Ч. 2 : методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Моделирование" для 3-4 курсов АВТФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. О. К. Альсова]. - Новосибирск, 2007. - 32, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000072423

5. Альсова О. К. Моделирование [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс для 3-4 курсов АВТФ по направлению 230100 «Информатика и вычислительная техника» / Альсова О. К. ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157721. - Загл. с тит. экрана.

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 ExtendSim

2 Microsoft Windows

3 Microsoft Office

4 GPSS World

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	показ слайдов на лекционном занятии

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	выполнение лабораторной работы

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра вычислительной техники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН АВТФ
к.т.н., доцент И.Л. Рева
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Имитационное моделирование

Образовательная программа: 09.03.04 Программная инженерия, профиль: Технологии разработки программного обеспечения

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Имитационное моделирование приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.4 способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	у12. уметь оформлять отчеты по научно-исследовательской работе в соответствии с требованиями ГОСТ	Моделирование простейших систем на основе имитационного и аналитического методов Разработка имитационных моделей систем в Extend Разработка имитационных моделей систем в GPSS		Зачет, вопросы 1-20
ПК.12/НИ способность к формализации в своей предметной области с учетом ограничений используемых методов исследования	у4. уметь обосновывать выбор математических методов (моделей), компьютерных технологий и средств для решения задач исследования объектов профессиональной деятельности	Моделирование простейших систем на основе имитационного и аналитического методов Основы теории систем массового обслуживания Принципы разработки моделирующих алгоритмов		Зачет, вопросы 1-20
ПК.12/НИ	у5. уметь математически формализовать постановку задачи исследования объектов профессиональной деятельности	Математические основы имитационного моделирования систем Моделирование простейших систем на основе имитационного и аналитического методов Моделирование случайных чисел, случайных величин, случайных векторов и процессов Основные методы теории систем массового обслуживания Планирование машинных экспериментов с моделями систем Разработка имитационных моделей систем в Extend Разработка имитационных моделей систем в GPSS		Зачет, вопросы 4-21
ПК.13/НИ готовность к использованию методов и инструментальных средств исследования объектов	з11. знать методы и инструментальные средства математического моделирования (в том числе имитационного) объектов	Введение в имитационное моделирование систем Инструментальные средства имитационного моделирования систем Моделирование случайных чисел, случайных величин, случайных векторов и		Зачет, вопросы 1-22

профессиональной деятельности	профессиональной деятельности	процессов Основные методы теории систем массового обслуживания Основные определения и понятия имитационного моделирования систем. Области использования, ограничения, условия применения Основы теории систем массового обслуживания Принципы разработки моделирующих алгоритмов Разработка имитационных моделей систем в Extend Разработка имитационных моделей систем в GPSS		
ПК.13/НИ	у11. уметь выполнять сравнительный анализ эффективности применения разных методов математического моделирования для исследования объектов профессиональной деятельности	Моделирование простейших систем на основе имитационного и аналитического методов		Зачет, вопросы 4-20
ПК.13/НИ	у12. уметь планировать и проводить машинные эксперименты с имитационными моделями объектов профессиональной деятельности, статистически обрабатывать результаты моделирования	Планирование машинных экспериментов с моделями систем	РГЗ, разделы 5-9	Зачет, вопросы 21
ПК.13/НИ	у13. уметь применять методы и специализированные инструментальные средства математического моделирования (в том числе имитационного) для исследования объектов профессиональной деятельности	Математические основы имитационного моделирования систем Моделирование случайных чисел, случайных величин, случайных векторов и процессов Основные методы теории систем массового обслуживания Планирование машинных экспериментов с моделями систем Принципы разработки моделирующих алгоритмов Разработка имитационных моделей систем в Extend Разработка имитационных моделей систем в GPSS	РГЗ, разделы 1-9	Зачет, вопросы 4-22

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 4 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.4, ПК.12/НИ, ПК.13/НИ.

Зачет проводится в письменной форме, по билетам

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 4 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.4, ПК.12/НИ, ПК.13/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра автоматизированных систем управления
Кафедра автоматики
Кафедра вычислительной техники

Паспорт зачета

по дисциплине «Имитационное моделирование», 4 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый и второй вопросы выбираются из диапазона вопросов 1-22, (список вопросов приведен ниже), задача может быть одного из типов и выбирается из диапазона задач 1-6 (список задач приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет АВТФ

Билет №1

к зачету по дисциплине «Имитационное моделирование»

1. Основные определения и понятия теории моделирования.
2. Планирование машинных экспериментов с имитационными моделями СМО. Основные понятия теории планирования экспериментов. Этапы планирования и проведения эксперимента.
3. Задача. В трехканальную СМО с отказами поступает простейший поток с плотностью $\lambda = 0,2 \text{ с}^{-1}$. Интервал времени обслуживания $T_{об}$ распределен по показательному закону, математическое ожидание $M[T_{об}] = 3 \text{ с}$. Построить размеченный граф состояний системы. Вычислить вероятность отказа, среднее число занятых каналов в системе, среднее время пребывания заявки в системе, вероятность простоя системы. Измените условие задачи: каждая заявка обслуживается тремя каналами. Рассчитайте характеристики СМО для этого случая. Сопоставьте эффективность 2-х вариантов СМО.

Утверждаю: зав. кафедрой ВТ _____ Якименко А.А.

(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет ниже 10 баллов.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент выполнил два задания из трех, но с серьезными ошибками, замечаниями, недочетами. Студент знает основные определения и понятия теории моделирования, способен решать задачи моделирования простейших систем, оценка составляет 10-12 баллов.
- Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если успешно выполнены два задания из трех, причем обязательно решена задача. Студент знает основные методы и подходы к моделированию систем, способен решать задачи

моделирования по известным алгоритмам, оценка составляет 13-16 *баллов*.

- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если все задания выполнены полностью, без серьезных замечаний. Студент проводит сравнительный анализ понятий, теорий, методов моделирования, проводит комплексный анализ задач моделирования, оценивает эффективность системы по результатам моделирования и предлагает варианты оптимизации системы, оценка составляет 17-20 *баллов*.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если средняя сумма баллов по всем заданиям составляет не менее 10 баллов (максимальное количество баллов за зачет – 20).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Имитационное моделирование»

Вопросы к зачету

4. Основные определения и понятия теории моделирования.
5. Основные методы моделирования. Классификация видов моделирования.
6. Математическая модель системы.
7. Имитационное моделирование (ИМ). Области использования и достоинства ИМ. Проблемы ИМ.
8. Основные принципы имитационного моделирования. Принцип Δt и особых состояний δZ .
9. Математические основы имитационного моделирования. Методы генерации случайных чисел: аппаратный, табличный, программный.
10. Способ формирования значений равномерно-распределенной СВ на компьютере.
11. Алгоритмы генерации СЧ: метод серединных квадратов, мультипликативный метод, смешанный метод.
12. Моделирование значений СВ с заданным законом распределения: метод обратной функции, метод Неймана, метод кусочной аппроксимации функции плотности распределения, универсальный метод генерации последовательности значений нормально-распределенной СВ.
13. Имитационное моделирование событий: имитация простого события; имитация сложного события, состоящего из независимых событий; имитация сложного события, состоящего из зависимых событий; имитация полной группы событий.
14. Статистическое моделирование систем. Обработка результатов моделирования: оценка основных числовых характеристик; оценка функциональных характеристик распределения; проверка гипотезы о характере распределения выборочных данных (критерий хи-квадрат); построение доверительных интервалов для оценок характеристик; определение объема выборки, необходимого для оценки числовых характеристик с заданной точностью.
15. Теоретические основы метода статистического моделирования. Предельные теоремы Бернулли, Чебышева. Центральная предельная теорема.
16. Применение теории массового обслуживания при моделировании систем. Понятие системы массового обслуживания (СМО), классификация СМО, основные задачи теории СМО.
17. Основные понятия теории СМО. Поток событий. Математическая модель потока событий. Математическая модель простейшего пуассоновского потока. Свойства простейшего пуассоновского потока: ординарность, отсутствие последствия, стационарность. Поток Пальма. Поток Эрланга К-го порядка. Их свойства.

Имитационное моделирование потоков событий.

18. Представление СМО в виде размеченного графа состояний.

19. Основные понятия теории СМО. Случайный процесс. Марковский случайный процесс. Моделирование СМО, в которых протекают Марковские процессы с дискретным состоянием и дискретным временем. Нахождение вероятностей состояний системы на K -ом шаге. Стационарный режим, предельные вероятности. Условия существования стационарного режима. Нахождение предельных вероятностей состояний системы.

20. Моделирование СМО, в которых протекают Марковские процессы с дискретным состоянием и непрерывным временем. Нахождение вероятностей состояний системы в момент времени t . Вывод уравнений Колмогорова. Стационарный режим, предельные вероятности. Условия существования стационарного режима. Нахождение предельных вероятностей состояний системы.

21. Приближенное сведение не-Марковских процессов к Марковским. Метод «псевдосостояний».

22. Процессы «гибели» и «размножения». Основные типы СМО, в которых протекают процессы «гибели» и «размножения». Построение размеченного графа состояний. Расчет основных характеристик СМО.

23. СМО со «взаимопомощью» между каналами. СМО с ошибками в обслуживании заявок.

24. Планирование машинных экспериментов с имитационными моделями СМО. Основные понятия теории планирования экспериментов. Этапы планирования и проведения эксперимента.

25. Технология имитационного моделирования. Системный и классический подходы в моделировании систем.

Основные типы задач к зачету:

1. Построение простейших имитационных моделей средствами GPSS, Extend.

Задача. Морские суда двух типов приходят в порт, где происходит их разгрузка. В порту есть два буксира, обеспечивающие ввод и вывод кораблей из порта. Первый тип судов (корабли малого тоннажа) требуют использования одного буксира. Суда второго типа (корабли большого тоннажа) требуют двух буксиров. Из-за различия размеров двух типов кораблей и необходимы и причалы разного размера. Также корабли имеют разное время разгрузки и погрузки. Исходные данные приведены в таблице. Корабль, ожидающий освобождения причала, не обслуживается буксиром до тех пор, пока не будет предоставлен нужный причал. Корабль второго типа не займет буксир до тех пор, пока ему не будут доступны оба буксира. Смоделируйте работу системы в течение 8 часов. Напишите программу моделирования на GPSS.

<i>Параметры</i>	<i>Тип корабля</i>	
	<i>1</i>	<i>2</i>
Интервал прибытия, мин.	100-160	330-450
Время входа в порт, мин.	23-37	35-45
Количество доступных причалов	6	3
Время погрузки-разгрузки, мин.	10-14	14-22
Время выхода из порта, мин.	15-25	25-45

Задача. Изготовление деталей определенного вида включает процесс сборки и период обжига в печи. Пять сборщиков используют одну печь, в которой одновременно может обжигаться две детали. Сборщик не может начать новую сборку, пока не вытащил из печи предыдущую деталь. Сборка детали занимает 35-45 мин. (закон равномерный),

обжиг 8-12 мин. (закон равномерный). Время извлечения детали из печи составляет в среднем 5 мин. (закон экспоненциальный). Промоделируйте работу системы на протяжении рабочего дня (8 часов). Соберите статистическую информацию о длине очереди к печи. Напишите программу моделирования на GPSS.

2. Расчет характеристик, нахождение предельных вероятностей состояний основных типов СМО.

Задача. В трехканальную СМО с отказами поступает простейший поток с плотностью $\lambda = 0,2 \text{ с}^{-1}$. Интервал времени обслуживания $T_{об.}$ распределен по показательному закону, математическое ожидание $M[T_{об.}] = 3 \text{ с.}$ Построить размеченный граф состояний системы. Вычислить вероятность отказа, среднее число занятых каналов в системе, среднее время пребывания заявки в системе, вероятность простоя системы. Измените условие задачи: каждая заявка обслуживается тремя каналами. Рассчитайте характеристики СМО для этого случая. Сопоставьте эффективность 2-х вариантов СМО.

3. Моделирование последовательности значений случайных величин с использованием разных имитационных методов.

Задача. Получите преобразования, позволяющие симитировать значения СВ, распределенные в соответствии с заданной функцией плотности распределения вероятностей, с помощью метода обратной функции.

$$f(y) = \frac{y}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{y}{2\sigma^2}\right), y > 0.$$

В каких случаях может быть использован метод обратной функции? Достоинства и недостатки этого метода.

4. Имитационное моделирование событий.

Задача. Вычислительный комплекс имеет n процессоров. В случае максимальной загрузки задачи простаивают в очереди на выполнение 0,5 мин. (нормальный режим). Если отказывает хотя бы один процессор, то время ожидания увеличивается до 2,5 мин. (аварийный режим). Составить блок-схему имитации возможных режимов работы комплекса, подсчитать количество случаев аварийной работы, если вероятность отказа каждого процессора равна 0,1, а количество проводимых имитационных экспериментов – 1000.

5. Оценка функциональных характеристик выборочных данных, проверка гипотезы о согласии выборочных данных модели теоретического распределения.

Задача. По заданной выборке данных проверить гипотезу о согласии выборочных данных модели нормального закона распределения.

6. Построение доверительных интервалов для оценки математического ожидания, дисперсии. Расчет необходимого объема выборочных данных для оценки числовых характеристик с заданной точностью.

Задача. Задана выборка данных. Построить доверительный интервал для оценки математического ожидания с достоверностью 0,95.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Имитационное моделирование», 4 семестр

1. Методика оценки

Цели РГР:

- изучить аналитические и имитационные методы расчета показателей эффективности функционирования систем массового обслуживания (СМО), описываемых процессом «гибели и размножения»;
- сравнить эффективность использования (простота реализации, точность, затраты ресурсов) имитационных и аналитических методов для расчета показателей эффективности функционирования конкретной СМО;
- сравнить альтернативные варианты реализации СМО;
- получить практические навыки имитационного моделирования СМО и анализа результатов моделирования средствами системы моделирования GPSS/World и пакета Statistica.

Требования к структуре и оформлению РГР:

В отчете к РГР должно быть представлено следующее.

1. Цели работы
2. Содержательная постановка задачи
3. Q – схема модели исследуемой системы
4. Аналитическое исследование системы:
 - размеченный граф состояний системы;
 - тип системы, основные расчетные формулы, расчет показателей эффективности функционирования системы.
5. Имитационное моделирование системы:
 - программа моделирования исходной системы на GPSS (либо ExtendSim), отчет GPSS (ExtendSim) по результатам моделирования;
 - программы моделирования системы с учетом дополнительных условий на GPSS (ExtendSim), отчеты GPSS (ExtendSim) по результатам моделирования.
6. Сравнение показателей эффективности функционирования исходной системы, рассчитанных аналитическим и имитационным методами:
 - результаты расчетов в виде табл. 1:

Таблица 1

Показатели эффективности	Аналитический метод	Имитационный метод

- выводы по результатам сравнения.
7. Сравнение двух вариантов реализации системы по результатам 5-ти экспериментов (I – исходный, II – с учетом дополнительных условий):
 - результаты расчетов в виде табл. 2:

Таблица 2

Показатели, характеристики	I вариант (аналитика)	I вариант (имитация)	II вариант (имитация)
<i>Показатели эффективности функционирования:</i> • вероятность простоя • среднее время ожидания в очереди • среднее время пребывания требования в системе			
<i>Статистические характеристики показателя «время пребывания требования в системе» (только для имитации):</i> • среднее, медиана • СКО, размах • минимальное и максимальное значения • коэффициент вариации			

- гистограммы распределения показателя «время пребывания требования в системе» для двух вариантов системы и диаграммы размаха;
 - доверительные интервалы Велча для разности средних значений показателя «время пребывания требования в системе» для первого и второго вариантов реализации системы;
 - сравнение двух вариантов реализации системы; выводы.
8. Выводы по итогам проведенного исследования; оценка эффективности работы двух вариантов системы; рекомендации по улучшению характеристик работы системы.
9. Общие выводы по работе в произвольной форме.

По РГР оформляется отчет в соответствии с требованиями ГОСТ-7-32-2001.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если не выполнены пункты задания 1-6, оценка составляет ниже 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если выполнены пункты задания 1-6, части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта исследования не проведен, отсутствуют обоснованные выводы по работе, оценка составляет 10-14 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если выполнены пункты задания 1-9, но по работе сделаны существенные замечания (недостаточная обоснованность выводов, небрежное оформление, отсутствие обоснования выбранных алгоритмов решения задачи), оценка составляет 15-17 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если выполнены все пункты задания, без серьезных замечаний, оценка составляет 18-20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Задание к РГР:

Часть 1. Исследование СМО с помощью аналитического и имитационного методов моделирования

1. Составить Q-схему модели исследуемой системы.
2. Реализовать аналитическое исследование СМО (в соответствии с вариантом).
 - 2.1. Построить размеченный граф состояний исследуемой системы.

2.2. Определить тип (класс) СМО и выбрать соответствующие расчетные формулы.

2.3. Рассчитать следующие показатели эффективности функционирования системы, используя расчетные формулы: вероятность простоя системы; вероятность загрузки системы; вероятность отказа в обслуживании; среднее число требований в очереди; среднее время ожидания в очереди; среднее число занятых каналов; среднее число заявок в системе; среднее время пребывания требования в системе.

3. Реализовать имитационное моделирование изучаемой СМО средствами GPSS/World (либо ExtendSim).

3.1. Написать программу, моделирующую процесс функционирования системы, в среде GPSS/World (либо ExtendSim).

3.2. Сымитировать работу системы, вычислить показатели эффективности функционирования СМО, приведенные в п. 2.3.

4. Сравнить результаты аналитических расчетов показателей эффективности функционирования СМО с результатами имитационного эксперимента, сделать выводы.

5. Сделать выводы в терминах решаемой задачи по результатам проведенного исследования. Оценить эффективность работы СМО.

Часть 2. Сравнение альтернативных вариантов реализации СМО

6. Реализовать имитационное моделирование изучаемой СМО с учетом дополнительных условий (в соответствии с вариантом).

6.1. Написать программу, моделирующую процесс функционирования системы с учетом дополнительных условий, в среде GPSS/World (либо ExtendSim).

6.2. Сымитировать работу системы с учетом дополнительных условий, вычислить вероятность простоя системы, среднее время ожидания в очереди, среднее время пребывания требования в системе по результатам 5-ти экспериментов с имитационными моделями системы.

7. Сравнить два варианта реализации системы по результатам 5-ти экспериментов (I – исходный, II – с учетом дополнительных условий).

7.1. Рассчитать статистические характеристики (среднее, среднеквадратическое отклонение, медиана, минимальное и максимальное значения, размах, коэффициент вариации) показателя «время пребывания требования в системе» для двух вариантов реализации системы в Statistica.

7.2. Построить гистограммы распределения показателя «время пребывания требования в системе» для двух вариантов реализации системы в Statistica.

7.3. Построить диаграмму размаха (график Бокса-Вискера) по статистическим характеристикам показателя «время пребывания требования в системе» для двух вариантов реализации системы в Statistica.

7.4. Построить доверительные интервалы Велча для разности средних значений показателя «время пребывания требования в системе» для первого и второго вариантов реализации системы.

7.5. Сравнить два варианта реализации системы, для чего ответить на следующие вопросы. Как введение дополнительных условий повлияло на изменение показателей эффективности функционирования СМО? Какой из вариантов реализации системы более предпочтителен и почему (по каким критериям)?

8. Сделать общие выводы по работе в произвольной форме.

Варианты заданий:

Вариант 1. Двое рабочих обслуживают четыре станка. Поломка каждого станка образует простейший поток интенсивностью λ . Время ремонта распределено по показательному закону с интенсивностью μ . Математическое ожидание соответственно

времени обслуживания: $m_o=200$ минут и времени безотказной работы станка: $m_p=450$ минут. При имитационном моделировании задайте время работы системы равным 24000 рабочим дням (1 день – 8 часов).

Дополнительные условия:

- введен механизм взаимопомощи рабочих типа «все как один»;
- интенсивность работы рабочих меняется на протяжении 8-ми часового рабочего дня: через два часа после начала работы интенсивность работы падает на 10%, через 4 часа – на 20%, через 6 часов – на 25%.

• **Вариант 2.** В библиотеке выдают литературу три библиотекаря. Время обслуживания одного читателя подчиняется экспоненциальному закону распределения с интенсивностью μ . Время прихода читателей распределено по экспоненциальному закону с интенсивностью λ . Если в очереди 2 человека, то вновь пришедший читатель покидает библиотеку. Математическое ожидание соответственно времени обслуживания: $m_o=820$ секунд и времени прихода читателей $m_n=300$ секунд. При имитационном моделировании задайте количество обслуженных читателей равным 2000.

Дополнительные условия:

- очередь читателей не ограничена;
- интенсивность обслуживания читателей зависит от длины очереди: если в очереди один человек, то интенсивность обслуживания возрастает на 5%; если двое – на 10%.

• **Вариант 3.** Служба заказа такси имеет 4 канала для одновременного приема заказов по телефону. Интервалы времени между вызовами такси распределены по показательному закону со средним: $m_e=28$ секунд. Время приема заказа также распределено по показательному закону со средним: $m_o=120$ секунд. В случае если все каналы заняты, заявка переводится на запасной канал и ожидает освобождения основного канала. Количество запасных каналов равно 2. Если заняты все основные и запасные каналы, то заявка получает отказ. При имитационном моделировании задайте время работы системы равным 3 дням (служба заказа работает круглосуточно).

Дополнительные условия:

- введен дополнительный запасной канал;
- интенсивность поступления заявок зависит от времени суток: с 0 до 6 часов – исходно заданная; с 6 до 10 часов интенсивность возрастает на 10%; с 10 до 16 часов – интенсивность возрастает на 20%; с 16 до 24 часов – возрастает на 25%.

• **Вариант 4.** На обработку к серверному компьютеру принимаются задания от четырех компьютеров – терминалов. Новое задание компьютером – терминалом не генерируется, пока не закончена обработка предыдущего задания. Поступление заданий образует простейший поток. Время обработки распределено по показательному закону. Математическое ожидание соответственно времени поступления заданий: $m_n=370$ мили секунд и времени обработки задания: $m_p=90$ мили секунд. При имитационном моделировании задайте время работы системы 10 часов.

Дополнительные условия:

- введен второй серверный компьютер;
- интенсивность поступления заданий меняется с течением времени: через 3 часа после начала работы интенсивность увеличивается на 10%, через 5 часов – на 15%, через 7 часов – на 20%.

• **Вариант 5.** В магазине работают четыре продавца. Интенсивность работы продавцов по обслуживанию покупателей $\mu=0,1$ (человек в минуту). Покупатели заходят в магазин с интенсивностью $\lambda=0,2$ (человек в минуту). Все потоки, протекающие в системе, простейшие пуассоновские. При имитационном моделировании задайте время работы

системы равным 640 часам (80 рабочих дней).

Дополнительные условия:

- каждого покупателя обслуживают два продавца;
- интенсивность работы продавцов меняется на протяжении 8-ми часового рабочего дня: через 2 часа после начала работы интенсивность работы падает на 10%, через 4 часа – на 20%, через 6 часов – на 25%.

Вариант 6. На обработку в вычислительную систему поступают задания с интенсивностью $\lambda=4$ (заданий в секунду). Задания обрабатываются одним из 5-ти компьютеров. Время обработки имеет интенсивность $\mu=1$ (заданий в секунду). Все потоки, протекающие в системе, простейшие пуассоновские. При имитационном моделировании задайте количество обслуженных заявок равным 2000.

Дополнительные условия:

- если в очереди на обработку 2 задания, то вновь поступившее задание получает отказ в обработке;
- вероятность корректного (безошибочного) выполнении задания составляет $p=0.95$.

Вариант 7. Изготовление деталей определенного вида включает процесс сборки и период обжига в печи. Пять сборщиков используют одну печь, в которой одновременно может обжигаться только одна деталь. Сборщик не может начать новую сборку, пока не вытащил из печи предыдущую деталь. Сборка детали занимает в среднем: $m_c = 45$ минут, обжиг детали в среднем: $m_o = 10$ минут (закон распределения интервалов между событиями показательный). При имитационном моделировании задайте время работы системы равным 80000 часам.

Дополнительные условия:

- в печи может одновременно обжигаться две детали;
- интенсивность сборки детали меняется с течением времени: через 3 часа после начала работы интенсивность уменьшается на 10%, через 5 часов – на 15%, через 6 часов – на 20%.

Вариант 8. В переговорном пункте установлено три телефона. Поток посетителей, приходящих на переговорный пункт, простейший пуассоновский с интенсивностью $\lambda = 0,2$ (человек в минуту). Время разговора посетителей по телефону составляет в среднем: $m_p = 10$ минут (закон распределения интервалов между событиями показательный). Если все телефоны переговорного пункта заняты и в очереди 2 человека, то вновь пришедший посетитель покидает переговорный пункт. При имитационном моделировании задайте время работы переговорного пункта равным 800 часам (100 рабочим дням).

Дополнительные условия:

- очередь посетителей не ограничена;
- интенсивность прихода посетителей зависит от времени суток: с 8 до 10 часов – исходно заданная; с 10 до 12 часов интенсивность возрастает на 10%; с 12 до 14 часов – интенсивность возрастает на 20%, с 14 до 16 часов – возрастает на 25%.

Вариант 9. К трем рабочим поступают на изготовление детали с транспортного конвейера. Интервал между поступлениями двух идущих одна за другой деталей равен в среднем: $m_n = 10$ минут (закон распределения интервалов показательный). Время изготовления деталей рабочими составляет в среднем: $m_u = 25$ минут (закон распределения показательный). При имитационном моделировании задайте количество изготовленных деталей равным 20000.

Дополнительные условия:

- добавлен четвертый рабочий;

- интенсивность изготовления деталей рабочими зависит от количества деталей в очереди на обработку: если в очереди 1 деталь, то интенсивность изготовления исходно заданная; если 2 детали, то интенсивность возрастает на 5%; если более двух – на 10%.

Вариант 10. Автомобильная заправочная станция (АЗС) имеет три заправочные колонки. Известны следующие параметры работы АЗС: поток автомобилей, поступающих на заправку, пуассоновский с интенсивностью: $\lambda=0.5$ (автомобилей в минуту); время заправки на колонках составляет в среднем: $m_3=5$ минут (закон распределения экспоненциальный). При имитационном моделировании задайте время работы АЗС равным 100 дням (АЗС работает круглосуточно).

Дополнительные условия:

- если в очереди на заправку 2 автомобиля, то вновь прибывший автомобиль уезжает с АЗС;

- интенсивность поступления автомобилей зависит от времени суток: с 0 до 6 часов – исходно заданная; с 6 до 10 часов интенсивность возрастает на 10%; с 10 до 16 часов интенсивность возрастает на 20%, с 16 до 24 часов – на 25%.