

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кузбасский государственный технический
университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра информационных и автоматизированных
производственных систем

Составители
В. В. Зиновьев, А. Н. Стародубов,
П. И. Николаев, И. С. Кузнецов

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Методические указания по выполнению курсового проекта

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления подготовки
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» в
качестве электронного издания для использования в образовательном
процессе

Кемерово 2022

Рецензенты:

Чичерин И. В. – к.т.н., доцент кафедры информационных и автоматизированных производственных систем

Зиновьев Василий Валентинович

Стародубов Алексей Николаевич

Николаев Петр Игоревич

Кузнецов Игорь Сергеевич

Моделирование систем и процессов: методические указания по выполнению курсового проекта для обучающихся направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, всех форм обучения / сост. В. В. Зиновьев, А. Н. Стародубов, П. И. Николаев, И. С. Кузнецов; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2022. – Текст : электронный.

В данных методических указаниях приведены цель, тематика и объем курсового проекта, сроки выполнения и условия защиты, содержание и оформление пояснительной записки, приведен список рекомендуемой литературы.

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 2022

© В. В. Зиновьев, А. Н. Стародубов,
П. И. Николаев, И. С. Кузнецов,
составление, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	4
1.1. Цель и задачи курсовой работы.....	4
1.2. Организация работы и порядок контроля	5
2. Структура и содержание курсовой работы	6
3. Оформление курсовой работы.....	10
4. Техническое и программное обеспечение.....	11
5. Список рекомендуемой литературы	12
Приложение 1	13
Приложение 2	14
Приложение 3	15

1. Общие положения

1.1. Цель и задачи курсовой работы

Часто возникает необходимость исследования информационных и автоматизированных производственных систем с целью изучения воздействий различных организационных, управленческих и технико-экономических изменений на показатели функционирования существующих систем, а также оценки работы и прогнозирования поведения, разработки исходных требований при проектировании новых систем. Для решения этих задач используют различные виды моделирования.

Физическое моделирование зачастую дорого и позволяет исследовать только простые объекты. Реальные системы, как правило, характеризуются большим количеством случайно изменяющихся элементов. Многообразие методов математического моделирования позволяет применять их для исследования таких систем.

Развитие средств вычислительной техники расширяет возможности методов математического моделирования (в частности имитационного), без которых невозможно изучение процессов и явлений в системах, а также построение сложных информационных и производственных систем.

Курсовая работа (КР) является завершающим этапом дисциплины «Моделирование систем и процессов» учебного плана кафедры ИиАПС для направления подготовки бакалавров: 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов»

Целью курсовой работы является развитие практических навыков решения задач исследования и проектирования информационных и автоматизированных производственных систем на ЭВМ.

В задачи КР входят:

- закрепление знаний по математическим и программным средствам имитационного моделирования;
- развитие практических навыков решения задач исследования и проектирования систем на ЭВМ;
- разработка моделей, постановка и проведение экспериментов с моделями систем на базе современного программного

обеспечения имитационного моделирования для оценки вероятностно-временных характеристик функционирования систем;

– принятие обоснованных инженерных решений.

Для выполнения курсовой работы необходимы знания следующих дисциплин: «Математика» – раздел вероятность и статистика (элементарная теория вероятностей, математические основы теории вероятностей, модели случайных процессов, проверка гипотез, принцип максимального правдоподобия, статистические методы обработки экспериментальных данных); «Информатика» – разделы: алгоритмизация и программирование; языки программирования высокого уровня; программное обеспечение. Также необходимо знать основные понятия теории моделирования систем и этапы имитационного моделирования, которые приобретаются студентами в результате прослушивания лекций и выполнения лабораторных работ по дисциплине «Моделирование систем и процессов».

1.2. Организация работы и порядок контроля

Для выполнения курсовой работы преподаватель формирует задание и следит за его выполнением, проводит консультации и намечает график работы над КР, помогает студенту решать принципиальные вопросы формализации и исследования объекта моделирования, разработки имитационной модели, проверяет готовность студента к использованию программно-технических средств моделирования и помогает подготовиться к защите КР.

Тематика КР должна соответствовать основным разделам дисциплины «Моделирование систем и процессов» с учетом специализации студентов и отражать научно-исследовательскую деятельность кафедры. В середине семестра каждому студенту выдается вариант типового задания (для примера в приложении приведен один из вариантов заданий). Темой курсовой работы является моделирование функционирования какой-либо системы.

Теоретическая часть курсовой работы базируется на лекционном материале дисциплины «Моделирование систем и процессов», и может быть связана с другими дисциплинами учебного плана направления подготовки бакалавров 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов», прочитанными ранее.

Студент, заканчивая очередной этап работы (согласно графику выполнения КР), представляет готовый материал (структурные схемы концептуальной модели, блок-схемы имитационной модели, распечатки программ и т.п.) для проверки правильности полученных промежуточных результатов и направления хода дальнейших работ по моделированию конкретной системы. Преподаватель проводит проверки по окончании каждого этапа выполнения КР.

Процесс выполнения КР можно разбить на четыре основных этапа:

1. Разработка концептуальной модели.
2. Ввод концептуальной модели в ЭВМ.
3. Оценка адекватности модели.
4. Проведение имитационных экспериментов и анализ результатов.

После выполнения перечисленных выше этапов оформляется пояснительная записка в соответствии с требованиями к оформлению технической документации (см. разд. 3).

2. Структура и содержание курсовой работы

В курсовой работе необходимо представить заданный процесс в виде системы массового обслуживания (СМО) или сети Петри, дать блок-схему разработанной модели и ее программную реализацию, а также результаты имитационных экспериментов, которые требуются в задании на КР.

КР состоит из двух частей: программной части и пояснительной записки.

Содержание программной части

Программная часть выполняется на компьютере и заносится на запоминающее устройство (компакт-диск, USB флеш – накопитель и др.). Программная часть включает имитационную модель заданной системы, построенную на языке GPSS World (файл .gps), либо в проблемно - ориентированном имитаторе сетей Петри NETSTAR (файл .gpn).

Содержание пояснительной записки (ПЗ)

Общий объем ПЗ не должен превышать 25 страниц, в том числе введение – не более 3-х страниц.

ПЗ к курсовой работе должна давать достаточно полное представление о принципе решения задачи моделирования системы. Записка иллюстрируется схемами, графиками, таблицами и программами. Эти схемы и программы входят в общий объем пояснительной записки и нумеруются.

ПЗ к курсовой работе должна включать в указанной последовательности следующие разделы:

- титульный лист (см. приложение 1)
- бланк задания, подписанный преподавателем (см. приложение 2);
- аннотацию;
- содержание с указанием страниц;
- введение;
- разделы и подразделы основной части;
- заключение;
- список используемой литературы;
- приложения.

Содержание разделов ПЗ.

Титульный лист должен соответствовать установленному в ГУ КузГТУ образцу.

Бланк задания, полностью оформленный, должен содержать задание на КР и подпись преподавателя.

Аннотация в краткой форме раскрывает содержание пояснительной записки к курсовой работе.

Содержание включает наименование всех разделов курсовой работы, а также подразделов и пунктов, если они имеют наименование, с указанием номера страниц, на которых размещается начало материала разделов, подразделов, пунктов.

Введение содержит краткий обзор методов и языков имитационного моделирования систем. Указываются литературные источники, по которым делается обзор, позволяющий судить, насколько полно изучена литература по моделированию. Обзор должен содержать краткую оценку изложенных материалов и принципов моделирования, а также обоснование выбора имитационного подхода для решения поставленной задачи [1-6].

Основная часть состоит из разделов, в которых рассматривается существо проблемы:

1. Разработка концептуальной модели

Здесь динамика процесса представляется в виде системы массового обслуживания или сети Петри.

В этом разделе осуществляется переход от данного словесного описания объекта моделирования к его математической модели. Здесь требуется отобразить заданный объект моделирования в абстрактных терминах и понятиях с использованием теории систем массового обслуживания [1, 2] или сетей Петри [3-5].

Для этого необходимо:

- определить потоки событий (входящие потоки заявок и потоки обслуживаний для каждой очереди и прибора обслуживания);
- определить структуру системы массового обслуживания (число фаз, число каналов обслуживания, число очередей для каждой из фаз обслуживания заявок и связи источников заявок, приборов и очередей);
- определить алгоритмы функционирования системы массового обслуживания (дисциплины ожидания заявок в очередях и выбора на обслуживание каналов, правила ухода заявок из очередей и приборов);
- задать структуру сети Петри (позиции, переходы и дуги).

Таким образом, выполнение этого раздела заключается в описании способа построения типовых математических схем в терминах СМО или сетей Петри.

2. Ввод концептуальной модели в ЭВМ

Здесь концептуальная модель, сформированная на первом этапе, воплощается в конкретную модель для ЭВМ.

В зависимости от выбранной студентом концептуальной схемы возможны два варианта применения программных средств – специализированного языка компьютерной имитации GPSS World или имитатора сетей Петри NETSTAR.

При использовании GPSS World для промежуточного описания между концептуальной и программной моделями следует воспользоваться блок-схемами из специальных символов, что

позволит облегчить проверку правильности модели и разработку программы. После проверки блок-схемы она путем перевода в строчный вид вводится в ЭВМ [1, 2].

При использовании имитатора сетей Петри NETSTAR существует возможность построения графа сети в специальной графической оболочке. Таким образом, на текущем этапе достаточно лишь ввести определенные характеристики для элементов графа (типы дуг, приоритеты переходов, задержки в позициях и т. д.). После этого можно вводить исходные данные и осуществлять прогоны модели [4].

3. Оценка адекватности модели

Если модель неправильно отображает динамику системы, то, очевидно, что и полученные с ее помощью результаты будут неправильными. Поэтому в КР необходимо проверить соответствие разработанной модели объекту моделирования.

При проверке адекватности необходимо использовать следующие методы, представленные в [1-3].

По возможности надо использовать несколько методов проверки адекватности, но при этом оценивать затраты на нее.

4. Проведение имитационных экспериментов, и анализ результатов

Здесь должны быть представлены результаты моделирования (распечатки отдельных прогонов модели, графики с результатами моделирования, таблицы и т. п.).

На этом этапе ЭВМ используется для проведения имитационных экспериментов на разработанной модели. Так как в моделях используются случайные выборки из распределений вероятностей, то результаты экспериментов являются всего лишь отдельными реализациями случайных величин. Вследствие этого в КР необходимо решить основные проблемы, возникающие при проведении экспериментов: определение начальных условий и их влияния на достижение установившегося результата при моделировании; обеспечение точности и достоверности результатов моделирования; уменьшение дисперсии оценок характеристик функционирования моделируемой системы. Решение этих проблем представлено в [1-3].

Также необходимо решить вопрос о форме представления результатов моделирования (графики, диаграммы, гистограммы, схемы и т. п.).

Заключение должно содержать качественные и количественные оценки результатов моделирования. Здесь следует представить краткий вывод по результатам моделирования заданного процесса.

Список используемой литературы содержит перечень источников, использованных при выполнении курсовой работы. Указывают только те источники, на которые имеются ссылки в тексте пояснительной записки.

Приложения содержат вспомогательный материал (листинги программ, инструкции по пользованию программами и т.п.). Оформляют в тех случаях, когда необходимо «разгрузить» основной текст. Приложения могут быть в виде таблиц, графиков, схем и т. п.

3. Оформление курсовой работы

ПЗ оформляется на одной стороне листа формата А4 машинописным текстом. Листы выделяются рамкой и должны иметь в нижней части штамп.

Текст должен быть кратким и исчерпывающе ясным. Объяснение известных понятий и терминов не допускается. Сокращения слов можно применять только общепринятые. Все листы ПЗ нумеруются (в штампе), рисунки и таблицы также должны иметь свой номер и название. В тексте на них обязательно должны быть ссылки. Несмотря на наличие графической части в ПЗ должны содержаться все необходимые для понимания изложенного эскизы, рисунки, графики и т. п.

Программная часть выполняется на компьютере при помощи программного обеспечения GPSS World или NETSTAR. К каждому блоку GPSS – модели и к каждой позиции сети Петри должны быть комментарии в терминах системы.

Программная часть выполняется на компьютере и заносится на компакт-диск, USB флеш – накопитель или другое устройство хранения информации.

Законченная пояснительная записка подписывается студентом и преподавателем.

4. Техническое и программное обеспечение

Для выполнения КР требуется персональный компьютер с установленной операционной системой Microsoft Windows версии 7 или выше, Microsoft Office не позднее 2007.

В качестве программного обеспечения используется лицензионный программный продукт, созданный фирмой «Элина компьютер» (г. Казань). Комплекс имеет студенческую версию (Расширенный редактор GPSS World и Редактор форм) и профессиональную (Расширенный редактор GPSS World и Редактор форм) версии. Студенческая версия отличается ограничениями по количеству строк моделирования (180 строк). Также используется имитатор сетей Петри NETSTAR, разработанный в ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук».

Существенную помощь при выполнении КР могут оказать следующие интернет ресурсы:

- www.gpss.ru – сайт, посвященный имитационному моделированию систем.
- www.simulation.org.ua – имитационное моделирование систем - НТУУ "КПИ".
- www.minutemansoftware.com – официальный сайт Minuteman Software Co.
- www.wolverinesoftware.com – официальный сайт Wolverine Software Corp.
- www.elina-computer.ru – Официальный сайт ООО «Элина-Компьютер».
- www.wintersim.org – Официальный сайт ежегодной международной зимней конференции по дискретно-событийному и комбинированному имитационному моделированию (Winter Simulation Conference).
- www.exponenta.ru – Образовательный математический сайт.
- www.eurosim.info – Официальный сайт Европейской федерации обществ имитационного моделирования EUROSIM (Federation of European Simulation Societies).

– www.scs.org – Официальный сайт Международного общества имитационного моделирования (The Society for Modeling and Simulation International, SCS).

5. Список рекомендуемой литературы

1. Проектирование компьютерно-интегрированных производственных систем: учеб. пособие / В. А. Полетаев, В. В. Зиновьев, А. Н. Стародубов, И. В. Чичерин. – Москва : Машиностроение, 2011.

2. Зиновьев В. В. Моделирование процессов и систем учебное пособие /В. В. Зиновьев, А. Н. Стародубов, П. И. Николаев // – КузГТУ : Кемерово, 2016 – 146с.

3. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. – 847 с.

4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984.

5. Советов Б. Я. Моделирование систем: Учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – Москва : Высш. шк., 2001.

6. Шрайбер Т. Д. Моделирование на GPSS. – М.: Машиностроение, 1980.

7. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Изд. 6-е, стер. – Москва : Высш. шк., 1997.

Приложение 1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кузбасский государственный технический
университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра информационных и автоматизированных
производственных систем

Пояснительная записка к курсовой работе по дисциплине:
«Моделирование систем и процессов»
на тему: «Моделирование автоматизированной системы
управления АСУ ТП»

Выполнил и оформил ст.гр. МРб-121:
Кузнецов Игорь Сергеевич
Преподаватель: к.т.н., доцент каф. ИиАПС:
Зиновьев Василий Валентинович

Кемерово 2022

Приложение 2

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кузбасский государственный технический
университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра информационных и автоматизированных
производственных систем

ЗАДАНИЕ
на курсовую работу
по дисциплине «Моделирование систем и процессов»

Студенту Кузнецову И.С., группы МРб-121

Тема курсовой работы: «Моделирование автоматизированной
системы управления АСУ ТП»

Задание выдано " 20 " октября 2022 г.

Преподаватель Зиновьев Василий Валентинович

Приложение 3

(оборотная сторона бланка)

Описание объекта моделирования

Для обеспечения надежности АСУ ТП в ней используется две ЭВМ. Первая ЭВМ выполняет обработку данных о технологическом процессе и выработку управляющих сигналов, а вторая находится в "горячем резерве". Данные в ЭВМ поступают через 8-12 с, обрабатываются в течение 10 с, а затем посылается управляющий сигнал, поддерживающий заданный темп процесса. Если к моменту отправки следующего набора данных не получен управляющий сигнал, то интенсивность выполнения технологического процесса уменьшается вдвое и данные посылаются через 16-24 с. Основная ЭВМ каждые 30 с посылает резервной ЭВМ сигнал о работоспособности. Отсутствие сигнала означает необходимость включения резервной ЭВМ вместо основной. Характеристики обеих ЭВМ одинаковы. Подключение резервной ЭВМ занимает 5 с, после чего она заменяет основную до восстановления, а процесс возвращается к нормальному темпу. Отказы ЭВМ происходят через 270-330 с. Восстановление занимает 100 с.

Примите допущение, что резервная ЭВМ абсолютно надежна.

Задание

1. Разработайте концептуальную модель АСУ ТП, используя математический аппарат систем массового обслуживания (СМО) или сетей Петри.

2. Осуществите программную реализацию концептуальной модели при помощи специализированного языка компьютерной имитации GPSS World или с использованием имитатора сетей Петри NETSTAR.

3. Проверьте правильность построения модели, используя методы верификации и валидации.

4. Используя разработанную модель, симулируйте 1 час работы системы и определите среднее время нахождения технологического процесса в заторможенном состоянии, и среднее число данных, переданных из-за отказов на резервную ЭВМ.