

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Рубцовский институт (филиал) федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Алтайский государственный университет»**



**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. директора Рубцовского института  
(филиала) АлтГУ

*Д.П. Рева* Д.П. Рева

М.П.

«30» *сентября* 20*21*г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО НАПИСАНИЮ  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**Рубцовск  
2021**

Разработчик:

*Анисимов К.Г., доцент, канд. физ.-мат. наук*



---

(подпись)

Методические рекомендации составлены на основании учебного плана:

*09.03.03 Прикладная информатика, профиль «Цифровые технологии и управление данными»*

утвержденного учёным советом вуза от 27.04.2021 г. протокол № 6


Методические рекомендации одобрены на заседании кафедры

*Математики и прикладной информатики*

Протокол от 15.06.2021 г. № 8

И.о.заведующего кафедрой

*Рязанова О.В., доцент, канд. техн. наук.*



---

(подпись)

Председатель методической комиссии

*Заместитель директора по учебной работе*

*Голева О.Г., доцент, канд. экон. наук*



---

(подпись)

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	6
ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	6
СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	19
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	21

## **ВВЕДЕНИЕ**

Курсовой проект – это составная часть учебного процесса, предполагающая самостоятельную работу студента и содержащая элементы научно-исследовательской деятельности.

Курсовой проект является завершающим этапом в освоении дисциплины «Имитационное моделирование» у студентов направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика соответствующего профиля «Цифровые технологии и управление данными».

Курсовой проект выполняется студентом в течение изучаемого курса под руководством преподавателя кафедры, обеспечивающего данную дисциплину.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Основные цели курсового проектирования:

- систематизация и закрепления теоретических знаний, полученных в процессе изучения дисциплины «Имитационное моделирование»;
- приобретение практических навыков самостоятельного сбора и обобщения теоретического и практического материала;
- развитие навыков работы с научно-технической литературой, выполнения библиографического поиска и его использования при анализе возможных вариантов решений.

## ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Название курсового проекта необходимо сформулировать из следующих составляющих:

Имитационное моделирование	деятельности	Название предметной области:
Разработка имитационной модели	процесса функционирования	– автотранспортного предприятия;
Реализация имитационной модели	работы	– системы передачи данных;
Компьютерная имитация	или другое	– вычислительного центра;
Исследование на имитационной модели		– информационной системы реального времени
		– или т.п. в соответствии с вариантом

Например: Разработка имитационной модели работы автотранспортного предприятия.

*Студент самостоятельно выбирает вариант задания (и сообщает его преподавателю).*

**Вариант 1.** На сборочный участок цеха предприятия через интервалы времени, распределенные экспоненциально со средним значением 10 мин, поступают партии, каждая из которых состоит из трех деталей. Половина всех поступающих деталей перед сборкой должна пройти предварительную обработку

в течение 7 мин. На сборку подаются обработанная и необработанная детали. Процесс сборки занимает всего 6 мин. Затем изделие поступает на регулировку, продолжающуюся в среднем 8 мин (время выполнения ее распределено экспоненциально). В результате сборки возможно появление 4 % бракованных изделий, которые не поступают на регулировку, а направляются снова на предварительную обработку.

Смоделировать работу участка в течение 24 ч. Определить возможные места появления очередей и их вероятностно-временные характеристики. Выявить причины их возникновения, предложить меры по их устранению и смоделировать скорректированную систему.

**Вариант 2.** На обрабатывающий участок цеха поступают детали в среднем через 50 мин. Первичная обработка деталей производится на одном из двух станков. Первый станок обрабатывает деталь в среднем 40 мин и имеет до 4 % брака, второй соответственно 60 мин и 8 % брака. Все бракованные детали возвращаются на повторную обработку на второй станок. Детали, попавшие в разряд бракованных дважды, считаются отходами. Вторичную обработку проводят также два станка в среднем 100 мин каждый. Причем первый станок обрабатывает имеющиеся в накопителе после первичной обработки детали, а второй станок подключается при образовании в накопителе задела больше трех деталей. Все интервалы времени распределены по экспоненциальному закону.

Смоделировать обработку на участке 500 деталей. Определить загрузку второго станка на вторичной обработке и вероятность появления отходов. Определить возможность снижения задела в накопителе и повышения загрузки второго станка на вторичной обработке.

**Вариант 3.** На регулировочный участок цеха через случайные интервалы времени поступают по два агрегата в среднем через каждые 30 мин. Первичная регулировка осуществляется для двух агрегатов одновременно и занимает около 30 мин. Если в момент прихода агрегатов предыдущая партия не была обработана, поступившие агрегаты на регулировку не принимаются. Агрегаты после первичной регулировки, получившие отказ, поступают в промежуточный накопитель. Из накопителя агрегаты, прошедшие первичную регулировку, поступают попарно на вторичную регулировку, которая выполняется в среднем за 30 мин, а не прошедшие первичную регулировку поступают на полную, которая занимает 100 мин для одного агрегата. Все величины, заданные средними значениями, распределены экспоненциально.

Смоделировать работу участка в течение 100 ч. Определить вероятность отказа в первичной регулировке и загрузку накопителя агрегатами, нуждающимися в полной регулировке. Определить параметры и ввести в систему накопитель, обеспечивающий безотказное обслуживание поступающих агрегатов.

**Вариант 4.** Система передачи данных обеспечивает передачу пакетов данных из пункта *A* в пункт *C* через транзитный пункт *B*. В пункт *A* пакеты

поступают через  $10 \pm 5$  мс. Здесь они буферизируются в накопителе емкостью 20 пакетов и передаются по любой из двух линий  $AB1$  — за время 20 мс или  $AB2$  — за время  $20 \pm 5$ . В пункте  $B$  они снова буферизируются в накопителе емкостью 25 пакетов и далее передаются по линиям  $BC1$  (за  $25 \pm 3$  мс) и  $BC2$  (за 25 мс). Причем пакеты из  $AB1$  поступают в  $BC1$ , а из  $AB2$  — в  $BC2$ . Чтобы не было переполнения накопителя, в пункте  $B$  вводится пороговое значение его емкости — 20 пакетов. При достижении очередью порогового значения происходит подключение резервной аппаратуры и время передачи снижается для линий  $BC1$  и  $BC2$  до 15 мс.

Смоделировать прохождение через систему передачи данных 500 пакетов. Определить вероятность подключения резервной аппаратуры и характеристики очереди пакетов в пункте  $B$ . В случае возможности его переполнения определить необходимое для нормальной работы пороговое значение емкости накопителя.

**Вариант 5.** Система обработки информации содержит мультиплексный канал и три ЭВМ. Сигналы от датчиков поступают на вход канала через интервалы времени  $10 \pm 5$  мкс. В канале они буферизируются и предварительно обрабатываются в течение  $10 \pm 3$  мкс. Затем они поступают на обработку в ту ЭВМ, где имеется наименьшая по длине входная очередь. Емкости входных накопителей во всех ЭВМ рассчитаны на хранение величин 10 сигналов. Время обработки сигнала в любой ЭВМ равно 33 мкс.

Смоделировать процесс обработки 500 сигналов, поступающих с датчиков. Определить средние времена задержки сигналов в канале и ЭВМ и вероятности переполнения входных накопителей. Обеспечить ускорение обработки сигнала в ЭВМ до 25 мкс при достижении суммарной очереди сигналов значения 25 единиц.

**Вариант 6.** На участке термической обработки выполняются цементация и закаливание шестерен, поступающих через  $10 \pm 5$  мин. Цементация занимает  $10 \pm 7$  мин, а закаливание —  $10 \pm 6$  мин. Качество определяется суммарным временем обработки. Шестерни с временем обработки свыше 25 мин покидают участок, с временем обработки от 20 до 25 мин передаются на повторную закалку и при времени обработки меньше 20 мин должны пройти повторную полную обработку. Детали с суммарным временем обработки меньше 20 мин считаются вторым сортом.

Смоделировать процесс обработки на участке 400 шестерен. Определить функцию распределения времени обработки и вероятности повторения полной и частичной обработки. При выходе продукции без повторной обработки менее 90 % обеспечить на участке мероприятия, дающие гарантированный выход продукции первого сорта 90 %.

**Вариант 7.** Магистраль передачи данных состоит из двух каналов (основного и резервного) и общего накопителя. При нормальной работе сообщения передаются по основному каналу за  $7 \pm 3$  с. В основном канале происходят сбои через интервалы времени  $200 \pm 35$  с. Если сбой происходит во

время передачи, то за 2 с запускается запасной канал, который передает прерванное сообщение с самого начала. Восстановление основного канала занимает  $23 \pm 7$  с. После восстановления резервный канал выключается, и основной канал продолжает работу с очередного сообщения. Сообщения ни поступают через  $9 \pm 4$  с и остаются в накопителе до окончания передачи. В случае сбоя передаваемое сообщение передается повторно по запасному каналу.

Смоделировать работу магистрали передачи данных в течение 1 ч. Определить загрузку запасного канала, частоту отказов канала и число прерванных сообщений. Определить функцию распределения времени передачи сообщений по магистрали.

**Вариант 8.** На комплектовочный конвейер сборочного цеха каждые  $5 \pm 1$  мин поступают 5 изделий первого типа и каждые  $20 \pm 7$  мин поступают 20 изделий второго типа. Конвейер состоит из секций, вмещающих по 10 изделий каждого типа. Комплектация начинается только при наличии деталей обоих типов в требуемом количестве и длится 10 мин. При нехватке деталей секция конвейера остается пустой.

Смоделировать работу конвейера сборочного цеха в течение 8 ч. Определить вероятность пропуска секции, средние и максимальные очереди по каждому типу изделий. Определить экономическую целесообразность перехода на секции по 20 изделий с временем комплектации 20 мин.

**Вариант 9.** В системе передачи данных осуществляется обмен пакетами данных между пунктами *A* и *B* по дуплексному каналу связи. Пакеты поступают в пункты системы от абонентов с интервалами времени между ними  $10 \pm 3$  мс. Передача пакета занимает 10 с. В пунктах имеются буферные регистры, которые могут хранить два пакета (включая передаваемый). В случае прихода пакета в момент занятости регистров пунктам системы предоставляется выход на спутниковую полудуплексную линию связи, которая осуществляет передачу пакетов данных за  $10 \pm 5$  мс. При занятости спутниковой линии пакет получает отказ.

Смоделировать обмен информацией в системе передачи данных в течение 1 мин. Определить частоту вызовов спутниковой линии и её загрузку. В случае возможности отказов определить необходимый для безотказной работы системы объем буферных регистров.

**Вариант 10.** Транспортный цех объединения обслуживает три филиала *A*, *B* и *C*. Грузовики перевозят изделия из *A* в *B* и из *B* в *C*, возвращаясь затем в *A* без груза. Погрузка в *A* занимает 20 мин, проезд из *A* в *B* длится 30 мин, разгрузка и погрузка в *B* — 40 мин, проезд в *C* — 30 мин, разгрузка в *C* — 20 мин и проезд в *A* — 20 мин. Если к моменту погрузки в *A* и *B* отсутствуют изделия, грузовики уходят дальше по маршруту. Изделия в *A* выпускаются партиями по 1000 шт. через  $20 \pm 3$  мин, в *B* — такими же партиями через  $20 \pm 5$  мин. На линии работает 8 грузовиков, каждый перевозит 1000 изделий. В начальный момент все грузовики находятся в *A*.



Смоделировать работу транспортного цеха объединения в течение 1000 ч. Определить частоту пустых перегонов грузовиков между *A* и *B*, *B* и *C* и сравнить с характеристиками, полученными при равномерном начальном распределении грузовиков между филиалами и операциями.

**Вариант 11.** Специализированная вычислительная система состоит из трех процессоров и общей оперативной памяти. Задания, поступающие на обработку через интервалы времени  $5 \pm 2$  мин, занимают объем оперативной памяти размером в страницу. После трансляции первым процессором в течение  $5 \pm 1$  мин их объем увеличивается до двух страниц и они поступают в оперативную память. Затем после редактирования во втором процессоре, которое занимает  $2,5 \pm 0,5$  мин на страницу, объем возрастает до трех страниц. Отредактированные задания через оперативную память поступают в третий процессор на решение, требующее  $1,5 \pm 0,4$  мин на страницу, и покидают систему, минуя оперативную память.

Смоделировать работу вычислительной системы в течение 50 ч. Определить характеристики занятия оперативной памяти по всем трем видам заданий.

**Вариант 14.** К ЭВМ подключено четыре терминала, с которых осуществляется решение задач. По команде с терминала выполняют операции редактирования, трансляции, планирования и решения. Причем, если хоть один терминал выполняет планирование, остальные вынуждены простаивать из-за нехватки оперативной памяти. Если два терминала выдают требование на решение, то оставшиеся два простаивают, и если работают три терминала, выдающих задания на трансляцию, то оставшийся терминал блокируется. Интенсивности поступления задач различных типов равны. Задачи одного типа от одного терминала поступают через экспоненциально распределенные интервалы времени со средним значением 160 с. Выполнение любой операции длится 10 с.

Смоделировать работу ЭВМ в течение 4 ч. Определить загрузку процессора, вероятности простоя терминалов и частоту одновременного выполнения трансляции с трех терминалов.

**Вариант 15.** В системе передачи цифровой информации передается речь в цифровом виде. Речевые пакеты передаются через два транзитных канала, буферизуясь в накопителях перед каждым каналом. Время передачи пакета по каналу составляет 5 мс. Пакеты поступают через  $6 \pm 3$  мс. Пакеты, передававшиеся более 10 мс, на выходе системы уничтожаются, так как их появление в декодере значительно снизит качество передаваемой речи. Уничтожение более 30 % пакетов недопустимо. При достижении такого уровня система за счет ресурсов ускоряет передачу до 4 мс на канал. При снижении уровня до приемлемого происходит отклонение ресурсов.

Смоделировать 10 с работы системы. Определить частоту уничтожения пакетов и частоту подключения ресурса.

**Вариант 17.** В узел коммутации сообщений, состоящий из входного буфера, процессора, двух исходящих буферов и двух выходных линий, поступают сообщения с двух направлений. Сообщения с одного направления поступают во входной буфер, обрабатывая в процессоре, буферизируются в выходном буфере первой линии и передаются по выходной линии. Сообщения со второго направления обрабатываются аналогично, но передаются по второй выходной линии. Применяемый метод контроля потоков требует одновременного присутствия в системе не более трех сообщений на каждом направлении. Сообщения поступают через интервалы  $15 \pm 7$  мс. Время обработки в процессоре равно 7 мс на сообщение, время передачи по выходной линии равно  $15 \pm 5$  мс. Если сообщение поступает при наличии трех сообщений в направлении, то оно получает отказ.

Смоделировать работу узла коммутации в течение 10 с. Определить загрузки устройств и вероятность отказа в обслуживании из-за переполнения буфера направления. Определить изменения в функции распределения времени передачи при снятии ограничений, вносимых методом контроля потоков.

**Вариант 18.** Распределенный банк данных системы сбора информации организован на базе ЭВМ, соединенных дуплексным каналом связи. Поступающий запрос обрабатывается на первой ЭВМ и с вероятностью 50 % необходимая информация обнаруживается на месте. В противном случае необходима посылка запроса во вторую ЭВМ. Запросы поступают через  $10 \pm 3$  с, первичная обработка запроса занимает 2 с, выдача ответа требует  $18 \pm 2$  с, передача по каналу связи занимает 3 с. Временные характеристики второй ЭВМ аналогичны первой.

Смоделировать прохождение 400 запросов. Определить необходимую емкость накопителей перед ЭВМ, обеспечивающую безотказную работу системы, и функцию распределения времени обслуживания заявки.

**Вариант 19.** Система автоматизации проектирования состоит из ЭВМ и трех терминалов. Каждый проектировщик формирует задание на расчет в интерактивном режиме. Набор строки задания занимает  $10 \pm 5$  с. Получение ответа на строку требует 3 с работы ЭВМ и 5 с работы терминала. После набора десяти строк задание считается сформированным и поступает на решение, при этом в течение  $10 \pm 3$  с ЭВМ прекращает выработку ответов на вводимые строки. Вывод результата требует 8 с работы терминала. Анализ результата занимает у проектировщика 30 с, после чего цикл повторяется.

Смоделировать работу системы в течение 6 ч. Определить вероятность простоя проектировщика из-за занятости ЭВМ и коэффициент загрузки ЭВМ.

**Вариант 20.** Из литейного цеха на участок обработки и сборки поступают заготовки через  $20 \pm 5$  мин. Треть из них обрабатывается в течение 60 мин и поступает на комплектацию. Две трети заготовок обрабатывается за 30 мин перед комплектацией, которая требует наличия одной детали первого типа и двух деталей второго. После этого все три детали подаются на сборку, которая

занимает  $60 \pm 2$  мин для первой детали и  $60 \pm 8$  мин для двух других, причем они участвуют в сборке одновременно. При наличии на выходе одновременно всех трех деталей изделие покидает участок.

Смоделировать работу участка в течение 100 ч. Определить места образования и характеристики возможных очередей.

**Вариант 21.** Детали, необходимые для работы цеха, находятся на цеховом и центральном складах. На цеховом складе хранится 20 комплектов деталей, потребность в которых возникает черв  $60 \pm 10$  мин и составляет один комплект. В случае снижения запасов до трех комплектов формируется в течение 60 мин заявка на пополнение запасов цехового склада до полного объема в 20 комплектов, которая посылается на центральный склад, где в течем  $60 \pm 20$  мин происходит комплектование и за  $60 \pm 5$  мин осуществляется доставка деталей в цех.

Смоделировать работу цеха в течение 400 ч. Определить вероятность простоя цеха из-за отсутствия деталей и среднюю загрузку цехового склада. Определить момент пополнения запаса цехового склада, при котором вероятность простоя цеха будет равна 0.

**Вариант 22.** 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  $10 \pm 2$  с, обрабатываются в течение 3 с, затем посылается управляющий сигнал, поддерживающий заданный темп процесса. Если к моменту посылки следующего набора данных не получен управляющий сигнал, то интенсивность выполнения технологического процесса уменьшается вдвое, и данные посылаются чей  $20 \pm 4$  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  $300 \pm 30$  с. Восстановление занимает 100 с. Резервная ЭВМ абсолютно надежна.

Смоделировать 1 ч работы системы. Определить среднее время нахождения технологического процесса в заторможенном состоянии и среднее число пропущенных из-за отказов данных.

**Вариант 23.** На вычислительный центр через  $300 \pm 100$  с поступают задания длиной  $500 \pm 200$  Кбайт. Скорость ввода, вывода и обработки заданий 100 Кбайт/мин. Задания проходят последовательно ввод, обработку и вывод, буферизуясь перед каждой операцией. После вывода 5 % заданий оказываются выполненными неправильно вследствие сбоев и возвращаются на ввод. Для ускорения обработки задания в очередях располагаются по возрастанию их длины, т. е. короткие сообщения обслуживают в первую очередь. Задания, выполненные неверно, возвращаются на ввод и во всех очередях обслуживаются

первыми.

Смоделировать работу вычислительного центра в течение 30 ч. Определить необходимую емкость буферов и функцию распределения времени обслуживания заданий.

**Вариант 24.** Вычислительная система включает три ЭВМ. В систему в среднем через 30 с поступают задания, которые попадают в очередь на обработку к первой ЭВМ, где они обрабатываются около 30 с. После этого задание поступает одновременно во вторую и третью ЭВМ. Вторая ЭВМ может обработать задание за  $14 \pm 5$  с, а третья — за  $16 \pm 1$  с. Окончание обработки задания на любой ЭВМ означает снятие ее с решения с той и другой машины. В свободное время вторая и третья ЭВМ заняты обработкой фоновых задач.

Смоделировать 4 ч работы системы. Определить необходимую емкость накопителей перед всеми ЭВМ, коэффициенты загрузки ЭВМ и функцию распределения времени обслуживания заданий. Определить производительность второй и третьей ЭВМ на решении фоновых задач при условии, что одна фоновая задача решается 2 мин.

**Вариант 25.** В машинный зал с интервалом времени  $10 \pm 5$  мин заходят пользователи, желающие произвести расчеты на ЭВМ. В зале имеется одна ЭВМ, работающая в однопрограммном режиме. Время, необходимое для решения задач, включая вывод результатов на печать, характеризуется интервалом  $15 \pm 5$  мин. Третья часть пользователей после окончания решения своей задачи производит вывод текста программы на печать (продолжительность  $3 \div 2$  мин). В машинном зале не допускается, чтобы более семи пользователей ожидали своей очереди на доступ к ЭВМ. Вывод программы на печать не мешает проведению расчетов на ЭВМ.

Смоделировать процесс обслуживания 100 пользователей. Подсчитать число пользователей, не нашедших свободного места в очереди. Определить среднее число пользователей в очереди, а также коэффициенты загрузки ЭВМ и принтера.

**Вариант 26.** В вычислительную машину, работающую в системе управления технологическим процессом, через каждые  $3 \pm 1$  с поступает информация от датчиков и измерительных устройств. До обработки на ЭВМ информационные сообщения накапливаются в буферной памяти емкостью в одно сообщение. Продолжительность обработки сообщений на ЭВМ —  $5 \pm 2$  с. Динамика технологического процесса такова, что имеет смысл обрабатывать сообщения, ожидавшие в буферной памяти не более 12 с. Остальные сообщения считаются потерянными.

Смоделировать процесс поступления в ЭВМ 200 сообщений. Подсчитать число потерянных сообщений и определить коэффициент загрузки ЭВМ.

**Вариант 28.** Информационно-поисковая библиографическая система построена на базе двух ЭВМ и имеет один терминал для ввода и вывода информации. Первая ЭВМ обеспечивает поиск литературы по научно-

техническим проблемам (вероятность обращения к ней — 0,7), а вторая — по медицинским (вероятность обращения к ней — 0,3). Пользователи обращаются к услугам системы каждые  $5 \pm 2$  мин. Если в очереди к терминалу ожидают 10 пользователей, то вновь прибывшие пользователи получают отказ в обслуживании. Поиск информации на первой ЭВМ продолжается  $6 \pm 4$  мин, а на второй  $3 \pm 2$  мин. Для установления связи с нужной ЭВМ и передачи текста запроса пользователи тратят  $2 \pm 1$  мин. Вывод результатов поиска происходит за 1 мин.

Смоделировать процесс работы системы за 8 ч. Определить среднюю и максимальную длину очереди к терминалу, а также коэффициенты загрузки технических средств системы. Как изменятся параметры очереди к терминалу, если будет установлен еще один терминал?

**Вариант 29.** В специализированной вычислительной системе периодически выполняются три вида заданий, которые характеризуются уровнями приоритета: нулевым, первым и вторым. Каждый новый запуск задания оператор производит с помощью дисплея, работая на нем  $50 \pm 30$  с. После запуска задания оно требует для своего выполнения  $100 \pm 50$  с времени работы процессора, причем задания более высокого приоритета прерывают выполнение задач более низкого приоритета. Результаты обработки задания выводятся на печать без прерываний в течение  $30 \pm 10$  с, после чего производится их анализ в течение  $60 \pm 20$  с, и задание запускается снова. Можно считать, что при работе дисплея и при выводе результатов на печать процессор не используется.

Смоделировать процесс работы системы при условии, что задание второго уровня приоритета выполняется 100 раз. Подсчитать число циклов выполнения остальных заданий и определить коэффициенты загрузки технических средств системы.

**Вариант 31.** В вычислительной лаборатории (ВЛ) имеются ЭВМ. Задания на обработку поступают с интервалом  $20 \pm 5$  мин в пункт приема. Здесь в течение  $12 + 3$  мин они регистрируются и сортируются оператором, после чего каждое задание поступает на одну из свободных ЭВМ. Примерно в 70 % заданий в результате их первой обработки на ЭВМ обнаруживаются ошибки ввода, которые сразу же в течение  $3 \pm 2$  мин исправляются пользователями. На время корректировки ввода задание не освобождает соответствующую ЭВМ, и после корректировки начинается его повторная обработка. Возможность ошибки при повторной обработке исключается, т. е. повторная обработка всегда является окончательной. Продолжительность работы ЭВМ при обработке задания в каждом случае составляет  $10 \pm 5$  мин. В ВЛ имеется лишь одно рабочее место для корректировки ввода.

Смоделировать процесс функционирования ВЛ при условии, что обработать необходимо 100 заданий. Определить среднее время ожидания в очереди на обработку, а также коэффициенты загрузки технических средств ВЛ.

**Вариант 32.** Информационная система реального времени состоит из центрального процессора (ЦП), основной памяти (ОП) емкостью 100 Кбайт и накопителя на жестком диске (НД). Запросы от большого числа удаленных терминалов поступают каждые  $75 \pm 25$  мс и обрабатываются ЦП за время 1 мс. После этого каждый запрос помещается в ОП либо получает отказ в обслуживании, если ОП заполнена (каждый запрос занимает 2 кбайт памяти). Для обслуживаемых запросов производится поиск информации на НД за время  $120 \pm 25$  мс и ее считывание за время  $10 \pm 5$ . Работа с НД не требует вмешательства ЦП. После этого запрос считается обслуженным и освобождает место в ОП.

Смоделировать процесс обслуживания 100 запросов. Подсчитать число запросов, получивших отказ в обслуживании. Определить среднее и максимальное содержимое ОП, а также коэффициент загрузки НД.

**Вариант 33.** Для ускорения прохождения «коротких» заданий на ЭВМ выбран пакетный режим работы с квантованием времени процессора. Это значит, что всем заданиям пакета по очереди представляется процессор на одинаковое время 10 с (круговой циклический алгоритм разделения времени). Если в течение этого времени заканчивается выполнение задания, оно покидает систему и освобождает процессор. Если же очередного кванта времени не хватает для завершения задания, оно помещается в конец очереди — пакета. Последнее задание пакета выполняется без прерываний. Пакет считается готовым к вводу в ЭВМ, если в нем содержится 5 заданий. Новый пакет вводится в ЭВМ после окончания обработки предыдущего. Задания поступают в систему с интервалом времени  $60 \pm 30$  с и характеризуются временем работы процессора  $50 + 45$  с.

Смоделировать процесс обработки 200 заданий. Определить максимальную длину очереди готовых к обработке пакетов и коэффициент загрузки ЭВМ. Сравнить время прохождения «коротких» заданий, требующих до 10 с времени работы процессора, с временем прохождения «длинных» заданий, требующих свыше 90 с времени работы процессора.

**Вариант 34.** Система автоматизации проектирования (САПР) создана на базе ЭВМ, функционирующей в режиме множественного доступа. Пятеро инженеров-проектировщиков с помощью своих дисплеев одновременно и независимо проводят диалог с ЭВМ, определяя очередной вариант расчета. Каждый диалог состоит из 10 циклов ввода-вывода данных. Во время одного цикла происходит следующее: за  $10 \pm 5$  с инженер обдумывает и вводит текст строки; в течение 2 с работает процессор ЭВМ, подготавливая текст ответа; в течение 5 с текст ответа выводится на дисплей. После ввода 11-й строки начинается работа процессора по расчету конструкции и продолжается  $30 \pm 10$  с. За 5 с результат расчета выводится на экран, после чего инженер в течение  $15 \pm 5$  с анализирует его и начинает новый диалог. Операции по подготовке текста ответа имеют абсолютный приоритет над расчетными, т. е. прерывают выполнение последних.

Смоделировать процесс работы САПР при условии, что расчет вариантов конструкции повторяется 100 раз. Определить среднее время выполнения диалога и расчетных операций, а также коэффициент загрузки процессора.

**Вариант 35.** Распределенный банк данных организован на базе трех удаленных друг от друга вычислительных центров *A*, *B* и *C*. Все центры связаны между собой каналами передачи данных, работающими в дуплексном режиме независимо друг от друга. В каждом из центров с интервалом времени  $50 \pm 20$  мин поступают заявки на проведение информационного поиска. Если ЭВМ центра, получившего заявку от пользователя, свободна, в течение  $2 \pm 1$  мин производится ее предварительная обработка, в результате которой формируются запросы для центров *A*, *B* и *C*. В центре, получившем заявку от пользователя, начинается поиск информации по запросу, а на другие центры по соответствующим каналам передаются за 1 мин тексты запросов, после чего там также может начаться поиск информации, который продолжается: в центре *A* —  $5 \pm 2$  мин, в центре *B* —  $10 \pm 2$  мин, в центре *C* —  $15 \pm 2$  мин. Тексты ответов передаются за 2 мин по соответствующим каналам в центр, получивший заявку на поиск. Заявка считается выполненной, если получены ответы от всех трех центров. Каналы при своей работе не используют ресурсы ЭВМ центров.

Смоделировать процесс функционирования распределенного банка данных при условии, что всего обслуживается 100 заявок. Подсчитать число заявок, поступивших и обслуженных в каждом центре. Определить коэффициенты загрузки ЭВМ центров.

**Вариант 36.** В системе автоматизации экспериментов (САЭ) на базе специализированной ЭВМ данные от измерительных устройств поступают в буферную зону оперативной памяти каждые  $800 \pm 400$  мс. Объем буфера — 256 Кбайт, длина одного информационного сообщения — 2 Кбайт. Для записи сообщения в буфер требуется 20 мс времени работы процессора. После заполнения буфера его содержимое переписывается на накопитель на жестком диске (НД), для чего сначала необходима работа процессора в течение 30 мс, а потом — совместная работа процессора и накопителя НД в течение  $100 \pm 30$  мс. Для обработки каждой новой порции информации на НД, объем которой равен 2560 Кбайт, запускается специальная программа, требующая  $100 \pm 20$  с времени работы процессора. Эта программа имеет самый низкий приоритет и прерывается программами сбора и переписи данных на НД.

Смоделировать процесс сбора и обработки данных с САЭ при условии, что обработать необходимо 5 порций информации. Зафиксировать длительность выполненной программы обработки и определить, сколько раз ее выполнение было прервано.

**Вариант 37.** Специализированное вычислительное устройство, работающее в режиме реального времени, имеет в своем составе два процессора, соединенные с общей оперативной памятью. В режиме нормальной эксплуатации задания выполняются на первом процессоре, а второй является резервным.

Первый процессор характеризуется низкой надежностью и работает безотказно лишь в течение  $150 \pm 20$  мин. Если отказ происходит во время решения задания, в течение 2 мин производится включение второго процессора, который продолжает решение прерванного задания, а также решает и последующие задания до восстановления первого процессора. Это восстановление происходит за  $20 + 10$  мин, после чего начинается решение очередного задания на первом процессоре, а резервный выключается. Задания поступают на устройство каждые  $10 \pm 5$  мин и решаются за  $5 \pm 2$  мин. Надежность резервного процессора считается идеальной.

Смоделировать процесс работы устройства в течение 50 ч. Подсчитать число решенных заданий, число отказов процессора и число прерванных заданий. Определить максимальную длину очереди заданий и коэффициент загрузки резервного процессора.

**Вариант 38.** Самолеты прибывают для посадки в район аэропорта каждые  $10 \pm 5$  мин. Если взлетно-посадочная полоса свободна, прибывший самолет получает разрешение на посадку. Если полоса занята, самолет выполняет полет по кругу и возвращается к аэропорту через каждые 4 мин. Если после пятого круга самолет не получает разрешения на посадку, он отправляется на запасной аэродром. В аэропорту через каждые  $10 \pm 2$  мин к взлетно-посадочной полосе вырываются готовые к взлету машины и получают разрешение на взлет, если полоса свободна. Для взлета и посадки самолеты занимают полосу ровно на 2 мин. Если при свободной полосе одновременно один самолет прибывает для посадки, а другой — для взлета, полоса предоставляется взлетающей машине.

Смоделировать работу аэропорта в течение суток. Подсчитать количество самолетов, которые взлетели, сели и были направлены на запасной аэродром. Определить коэффициент загрузки взлетно-посадочной полосы.

**Вариант 39.** На склад готовой продукции предприятия каждые  $5 \pm 2$  мин поступают изделия типа *A* партиями по 500 шт., а каждые  $20 \pm 5$  мин — изделия типа *B* партиями по 2000 шт. С интервалом времени  $10 \pm 5$  мин к складу подъезжают автомобили, в каждый из которых надо погрузить по 1000 шт. изделий типа *A* и *B*. Погрузка начинается, если изделия обоих типов имеются на складе в нужном количестве, и продолжается  $10 \pm 2$  мин. У склада одновременно могут находиться не более трех автомобилей, включая автомобиль, стоящий под погрузкой. Автомобили, не нашедшие места у склада, уезжают с его территории без груза.

Смоделировать работу склада при условии, что загрузиться должны 50 автомобилей. Подсчитать число автомобилей, уехавших без груза. Определить среднее и максимальное количество изделий каждого типа, хранящихся на складе.

**Вариант 40.** Диспетчер управляет внутривозовским транспортом и имеет в своем распоряжении два грузовика. Заявки на перевозки поступают к диспетчеру каждые  $5 \pm 4$  мин. С вероятностью 0,5 диспетчер запрашивает по радио один из



грузовиков и передает ему заявку, если тот свободен. В противном случае он запрашивает другой грузовик и таким образом продолжает сеансы связи, пока один из грузовиков не освободится. Каждый сеанс связи длится ровно 1 мин. Диспетчер допускает накопление у себя до пяти заявок, после чего вновь прибывшие заявки получают отказ. Грузовики выполняют заявки на перевозку за  $12 \pm 8$  мин.

Смоделировать работу внутризаводского транспорта в течение 10 час. Подсчитать число обслуженных и отклоненных заявок. Определить коэффициенты загрузки грузовиков.

**Вариант 41.** Пять операторов работают в справочной телефонной сети города, сообщая номера телефонов по запросам абонентов, которые обращаются по одному номеру 09. Автоматический коммутатор переключает абонента на того оператора, в очереди которого ожидает наименьшее количество абонентов, причем наибольшая допустимая длина очереди перед оператором - два абонента. Если все очереди имеют максимальную длину, вновь поступивший вызов получает отказ. Обслуживание абонентов операторами длится  $30 \pm 20$  с. Вызовы поступают в справочную через каждые  $5 + 3$  с.

Смоделировать обслуживание 200 вызовов. Подсчитать количество отказов. Определить коэффициенты загрузки операторов справочной.

**Вариант 42.** Улицы, выходящие на четырехсторонний перекресток, имеют обозначения по направлению движения часовой стрелки:  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$ . Со стороны улицы  $A$  машины подходят к перекрестку каждые  $3 \pm 2$  с, причем 30 % из них поворачивают направо в направлении  $A \rightarrow D$ , а 20 % — налево в направлении  $A \rightarrow B$ . Поворот налево возможен, если нет движения в направлении  $C \rightarrow A$ . Со стороны улицы  $B$  машины подходят к перекрестку каждые  $6 \pm 2$  с, причем 60 % из них проезжают прямо в направлении  $C \rightarrow A$ , а 40 % — направо в направлении  $C \rightarrow B$ . Поворот налево в направлении  $C \rightarrow B$  запрещен. Светофор на перекрестке переключается каждые 20 с. Ширина всех улиц допускает движение в три ряда в каждом направлении. Машины преодолевают перекресток в любом направлении за 2 с. Машина, выехавшая на перекресток до момента переключения светофора, обязательно продолжает свое движение. На перекрестке одновременно может находиться не более одной машины для каждого направления движения.

Смоделировать работу перекрестка по регулированию движения со стороны улиц  $A$  и  $C$  в течение получаса. Подсчитать число машин, проследовавших в каждом направлении. Определить среднюю и максимальную длину очереди машин для каждого направления движения.

**Вариант 43.** Двухколейная железная дорога имеет между станциями  $A$  и  $B$  однокольный участок с разъездом  $C$ . На разъезде имеется запасной путь, на котором один состав может пропустить встречный поезд. К станциям  $A$  и  $B$  поезда прибывают с двухколейных участков каждые  $40 \pm 10$  мин. Участок пути  $AC$  поезда преодолевают за  $15 \pm 3$  мин, а участок пути  $BC$  — за  $20 \pm 3$  мин. Со станций  $A$  и  $B$  поезда пропускаются на однокольный участок до разъезда только

при условии, что участок свободен, а на разъезде не стоит состав. После остановки на разъезде поезда пропускаются на участок сразу после его освобождения. Поезд останавливается на разъезде, если по лежащему впереди него участку пути движется встречный поезд.

Смоделировать работу одноколейного участка железной дороги при условии, что в направлении *AB* через него должны проследовать 50 составов. Определить среднее время ожидания составов на станциях *A* и *B*, а также среднее время ожидания на разъезде *C* и коэффициент загрузки запасного пути.

**Вариант 45.** В морском порту имеются два причала: старый и новый. У старого причала одновременно могут швартоваться два судна. Здесь работают два порталных крана, производящие разгрузку-погрузку судна за  $40 \pm 10$  ч. У нового причала имеется место до пяти судов. Здесь работают три крана, производящие разгрузку-погрузку за  $20 \pm 5$  ч. Суда прибывают в акваторию порта каждые 13 ч, причем около 40 % из них составляют суда, имеющие приоритет в обслуживании. В ожидании места у причала судно бросает якорь на рейде. Для швартовки и отхода судна от причала требуется по 1 ч времени. Судам, имеющим приоритет в обслуживании, место у причала предоставляется в первую очередь. Разгрузку-погрузку судна всегда производит один кран.

Смоделировать процесс начала навигации в морском порту при условии, что в акваторию порта зашли 150 судов. Подсчитать число судов, обслуженных на каждом причале, и зафиксировать максимальное количество судов на рейде. Определить среднее время ожидания места у причала отдельно для судов, имеющих и не имеющих приоритета в обслуживании, а также коэффициенты загрузки порталных кранов.

## СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### 1. Титульный лист.

### 2. Реферат. Содержит краткие сведения об отчете:

- выходные данные – сведения об объеме отчета (количество страниц), количестве иллюстраций, таблиц, приложений и использованных источников.
- перечень (от 5 до 15) ключевых слов
- текст реферата (объемом 10–15 строк), отражающий объект исследования или разработки, цель работы, метод или методологию проведения работы, результаты работы, область применения.

### 3. Содержание.

**4. Введение** (1–2 стр.). Содержит краткое представление об имитационном моделировании; объект и предмет исследования; цель выполняемой работы; задачи для достижения цели; практическую значимость проводимой работы и, по возможности, новизну. Также можно коротко остановиться на структуре основной части отчета (привести краткое описание разделов работы).

**5. Первый раздел отчета** (10–15 стр.) носит теоретический характер и должен представлять собой небольшую реферативную работу на тему имитационного моделирования вообще, а также методов и средств ИМ в частности.

**6. Второй**, практический раздел работы (15–20 стр.) посвящен непосредственно разработке и анализу имитационной модели на языке GPSS World в соответствии с заданием. Содержит постановку задачи и её обсуждение; графическое описание (в виде структурной схемы); при необходимости – блок-диаграмму модели; код модели на языке имитационного моделирования; представление результатов моделирования (стандартный или настраиваемый отчет, графики, гистограммы); интерпретацию результатов моделирования; подведение итогов моделирования и выдачу рекомендаций. Если задание подразумевает выработку улучшений в работе системы, необходимо представлять результаты первоначального и конечного вариантов моделирования.

**7. Заключение** (1–2 стр.). Содержит кратко, в виде выводов, описание результатов работы с оценкой полноты решений поставленных задач. Также желательно изложить рекомендации по конкретному использованию результатов работы и ее дальнейшего развития.

**8. Список использованных источников.** На все перечисленные в списке источники в тексте отчета должны иметься ссылки. Среди источников обязательно должны быть учебники «возрастом» не более 5 лет.

**9. Приложения** (если необходимо). В приложения выносятся вспомогательный материал, дополняющий текст отчета, но не влияющий непосредственно на его восприятие и понимание.

Требования к оформлению курсового проекта находятся по ссылке:  
<https://rb.asu.ru/content/article/10575> (раздел Образование – кафедры – кафедра МиПИ)

Черновой вариант выполненного проекта необходимо предоставить преподавателю для проверки в установленный срок. Преподаватель при проверке указывает на те места проекта, которые необходимо доработать, дает работе предварительную оценку и разрешение на чистовую печать.

Студенты, представившие готовые работы в установленный срок, допускаются к публичной защите в соответствии с расписанием экзаменационной сессии. Для студентов, не представивших в установленный срок курсовые проекты, защита назначается на другой срок, при этом оценка за выполненную работу может быть снижена.

Доклад на публичной защите не должен превышать 5–7 минут. Основным содержанием доклада является описание модели и результатов моделирования. Он должен сопровождаться иллюстративным материалом – презентацией,

структуру и наполнение которой студенту следует продумать самостоятельно.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вьюненко, Л. Ф. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / Л. Ф. Вьюненко, М. В. Михайлов, Т. Н. Первозванская ; под редакцией Л. Ф. Вьюненко. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 283 с. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/468997>

2. Боев, В. Д. Имитационное моделирование систем : учебное пособие для вузов / В. Д. Боев. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 253 с. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/472836>

3. Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для академического бакалавриата / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – 7-е изд. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 343 с. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. –URL: <https://urait.ru/bcode/425228>

4. Акопов, А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / А. С. Акопов. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 389 с. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/468919>

5. Королев, А. В. Экономико-математические методы и моделирование : учебник и практикум для вузов / А. В. Королев. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 280 с. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. –URL: <https://urait.ru/bcode/470088>