

**Модуль поддержки руководства курсовым проектированием
по дисциплине «Моделирование»**

Боев В. Д.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2006

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ МОДУЛЯ ПОДДЕРЖКИ РУКОВОДСТВА КУРСОВЫМ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ | 7 |
| 1.1. Автоматизированное рабочее место преподавателя и его модули..... | 7 |
| 1.2. Требования к курсовому проекту | 9 |
| 1.2.1. Структура пояснительной записки и указания по ее оформлению | 9 |
| 1.2.2. Содержание раздела «Задание на проектирование» | 12 |
| 1.2.3. Содержание раздела «Формализованное описание системы» | 13 |
| 1.2.4. Содержание раздела «Блок-схема алгоритма модели»..... | 13 |
| 1.2.5. Содержание раздела «Программа модели» | 14 |
| 1.2.6. Содержание раздела «Планирование и проведение эксперимента» | 15 |
| 1.2.7. Содержание раздела «Выводы» | 17 |
| 1.2.8. Содержание раздела «Литература» | 17 |
| 1.2.9. Защита курсового проекта | 18 |
| 1.3. Обоснование требований к модулю руководителя курсовым проектированием по дисциплине «Моделирование»..... | 18 |
| 2. МОДЕЛИ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ | 21 |
| 2.1. Модели функционирования направления связи..... | 21 |
| Вариант 1 | 21 |
| Постановка задачи..... | 21 |
| Программа модели | 22 |
| Вариант 2..... | 26 |
| Постановка задачи..... | 26 |
| Программа модели | 26 |
| Вариант 3 | 31 |
| Постановка задачи..... | 31 |
| Программа модели | 32 |
| Вариант 4..... | 34 |
| Постановка задачи..... | 34 |
| Программа модели..... | 35 |
| 2.2. Модели предприятия по производству изделий..... | 38 |
| Вариант 5..... | 38 |
| Постановка задачи..... | 38 |
| Программа модели | 39 |
| Вариант 6..... | 41 |
| Постановка задачи..... | 41 |

| | |
|---|----|
| Программа модели | 42 |
| Вариант 7..... | 44 |
| Постановка задачи..... | 44 |
| Программа модели | 45 |
| Вариант 8..... | 48 |
| Постановка задачи..... | 48 |
| Программа модели | 49 |
| Вариант 9..... | 52 |
| Постановка задачи..... | 52 |
| Программа модели | 53 |
| 2.3. Модели вычислительного комплекса коммутации сообщений..... | 55 |
| Вариант 10..... | 55 |
| Постановка задачи..... | 55 |
| Программа модели | 56 |
| Вариант 11..... | 59 |
| Постановка задачи..... | 59 |
| Программа модели | 60 |
| Вариант 12..... | 63 |
| Постановка задачи..... | 63 |
| Программа модели | 64 |
| Вариант 13..... | 66 |
| Постановка задачи..... | 66 |
| Программа модели | 67 |
| 2.4. Модели функционирования системы ремонта..... | 70 |
| Вариант 14..... | 70 |
| Постановка задачи..... | 70 |
| Программа модели | 71 |
| Вариант 15..... | 74 |
| Постановка задачи..... | 74 |
| Программа модели | 75 |
| Вариант 16..... | 78 |
| Постановка задачи..... | 78 |
| Программа модели | 79 |
| Вариант 17..... | 82 |
| Постановка задачи..... | 82 |
| Программа модели | 83 |
| 2.5. Модели автоматической телефонной станции..... | 86 |

| | |
|--|-----|
| Вариант 18..... | 86 |
| Постановка задачи..... | 86 |
| Программа модели..... | 87 |
| Вариант 19..... | 90 |
| Постановка задачи..... | 90 |
| Программа модели..... | 91 |
| 2.6. Модели интегратора нагрузки АТС..... | 93 |
| Вариант 20..... | 93 |
| Постановка задачи..... | 93 |
| Программа модели..... | 94 |
| Вариант 21..... | 95 |
| Постановка задачи..... | 95 |
| Программа модели..... | 96 |
| Вариант 22..... | 98 |
| Постановка задачи..... | 98 |
| Программа модели..... | 99 |
| Вариант 23..... | 101 |
| Постановка задачи..... | 101 |
| Программа модели..... | 102 |
| 2.7. Модели изготовления в цехе деталей..... | 104 |
| Вариант 24..... | 104 |
| Постановка задачи..... | 104 |
| Программа модели..... | 105 |
| Вариант 25..... | 106 |
| Постановка задачи..... | 106 |
| Программа модели..... | 107 |
| 2.8. Модели функционирования ремонтного подразделения..... | 109 |
| Вариант 26..... | 109 |
| Постановка задачи..... | 109 |
| Программа модели..... | 110 |
| Вариант 27..... | 112 |
| Постановка задачи..... | 112 |
| Программа модели..... | 113 |
| Вариант 28..... | 116 |
| Постановка задачи..... | 116 |
| Программа модели..... | 117 |
| 3. ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ РУКОВОДИТЕЛЯ КУРСОВЫМ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ..... | 120 |

| | |
|---|-----|
| 3.1. Интерфейс руководителя курсовым проектированием | 120 |
| 3.2. Рекомендации руководителю курсовым проектированием по применению программного модуля | 125 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 127 |

ВВЕДЕНИЕ

Профессиональная деятельность преподавателя в высшем учебном заведении все в большей степени приобретает творческий характер и требует от него совершенствования педагогического мастерства, значительных интеллектуальных и временных затрат. В связи с этим актуальной задачей следует считать избавление преподавателя от ряда нетворческих, трудоемких процессов, занимающих большую часть его рабочего времени. Решение данной задачи представляется посредством разработки и применения автоматизированного рабочего места преподавателя (АРМ-П).

В составе АРМ-П целесообразно иметь следующие модули: обучающегося, управления познавательной деятельностью обучающихся и поддержки принятия решений [1].

Настоящая работа посвящена созданию системы поддержки руководства курсовым проектированием по дисциплине «Моделирование». Целью курсового проектирования является освоение технологии имитационного моделирования, планирования и проведения эксперимента, обработки данных вычислительного эксперимента. Курсовой проект реализуется на персональных компьютерах с использованием современной системы имитационного моделирования GPSS World [3].

Руководством по курсовому проектированию, разработанному преподавателями кафедры вычислительной техники, предписывается следующее содержание пояснительной записки:

1. Задание на проектирование.
2. Формализованное описание системы.
3. Блок-схема алгоритма.
4. Программа модели.
5. Планирование и проведение эксперимента.

В учебной группе в среднем тридцать курсантов. Поэтому различных вариантов заданий на проектирование должно быть более тридцати.

Для качественного руководства курсовым проектированием по каждому варианту задания должен быть хотя бы один вариант его решения. В настоящее время таких реше-

ния есть. Разработано тридцать вариантов заданий на курсовое проектирование и решений по ним с использованием системы моделирования GPSS World.

Все эти решения должны быть объединены и представлены так, чтобы руководитель курсового проектирования при необходимости мог вносить изменения в задания, блок-диаграммы, программы моделей, выдавать задания как в печатном, так и в электронном виде, оценивать точность полученных курсантами результатов моделирования и, соответственно, качество выполнения каждого курсового проекта.

Данные требования могут быть выполнены путем представления решений по заданиям курсового проектирования в электронном виде как интегрированной системы, оказывающей преподавателю поддержку при руководстве курсовым проектированием.

Инструментальным средством реализации такой системы как модуля программного обеспечения АРМ-П предложена система программирования Delphi. Помимо интеграции компонентов каждого решения и всех решений в целом, средства Delphi позволяют организовывать совместимость со средствами GPSS World. Благодаря этому, средствами Delphi создается удобный пользовательский интерфейс, предоставляющий в первую очередь наглядный ввод исходных данных и вывод результатов моделирования, а также другие необходимые функции.

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо:

- ✓ определить место системы поддержки руководства курсовым проектированием как модуля в автоматизированном рабочем месте преподавателя;
- ✓ проанализировать требования, предъявляемые к курсовому проекту по дисциплине «Моделирование»;
- ✓ обосновать требования к модулю руководителя курсовым проектированием по дисциплине «Моделирование»;
- ✓ разработать постановки, алгоритмы и программы моделей для реализации в системе моделирования GPSS World;
- ✓ проанализировать разработанные модели и с учетом этого, а также с учетом требований руководителя курсовым проектированием разработать интерфейс;
- ✓ разработать программу модуля поддержки руководства курсовым проектированием и рекомендации по его применению.

1. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ МОДУЛЯ ПОДДЕРЖКИ РУКОВОДСТВА КУРСОВЫМ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ

1.1. Автоматизированное рабочее место преподавателя и его модули

В условиях информатизации учебного процесса в вузе функции педагога значительно расширяются и усложняются. Характер труда его изменяется, все более приобретая проектировочную, организаторскую и консультативную направленность. При этом роль преподавателя остается не только ведущей, но и еще более усиливается. Это связано с тем, что педагогу необходимо осуществлять ее в новой педагогической среде, характеризующейся использованием современных информационных средств и расширением спектра воздействий на курсантов через реализуемые им стратегию и тактику обучения. Ему приходится проектировать и конструировать информационную технологию обучения, разрабатывать на ее основе дидактический комплекс информационного обеспечения учебной дисциплины, обосновывать логику организации взаимодействия с курсантами на коммуникативном уровне, определять формы, методы и критерии управления их познавательной деятельностью, моделировать структуры и алгоритмы взаимодействия обучающихся с ЭВМ, формировать педагогические тесты и тестовые задания для организации контроля и самоконтроля [1].

Для того чтобы решать названные задачи преподавателю, наряду с основами педагогики и психологии, необходимо: знать возможности компьютера в своей предметной области и обладать навыками работы с ним; иметь навыки управления познавательной деятельностью курсантов, как в дисплейном классе, так и в период их самостоятельной работы с ПЭВМ; уметь подбирать и соответственным образом компоновать учебный материал для его реализации в педагогических программных продуктах; в сотрудничестве с программистами или самостоятельно разрабатывать элементы дидактического комплекса информационного обеспечения учебной дисциплины и т.п.

Таким образом, профессиональная деятельность преподавателя все в большей степени приобретает творческий характер и требует от него совершенствования педагогического мастерства, значительных интеллектуальных и временных затрат. В связи с этим, акту-

альной задачей следует считать избавление педагога от ряда нетворческих, трудоемких процессов и операций, занимающих сегодня значительную часть его рабочего времени. Решение этой задачи видится на пути разработки и применения в вузе автоматизированного рабочего места преподавателя (далее по тексту АРМ-П) [1].

Построение АРМ-П целесообразно организовать по модульному принципу в виде своеобразных баз данных, обеспечивающих технологию ввода, систематизации, хранения и представления педагогу информации с использованием вычислительной техники. Структурно в состав АРМ-П предлагается включить следующие модули: обучающегося, управления познавательной деятельностью обучающихся и поддержки принятия решений [1].

В процессе осуществления своей профессиональной деятельности преподавателю постоянно приходится руководствоваться целым рядом нормативных документов, которые определяют порядок организации учебного процесса в конкретном вузе, на кафедре, а также при изучении отдельных циклов дисциплин. Их поиск зачастую отнимает значительную часть рабочего времени педагога. Кроме этого, значительная часть нормативных документов, регламентирующих деятельность преподавателя, создаются им самим и подлежат постоянному обновлению или коррекции. В частности, речь идет о личном плане работы преподавателя на месяц, планах проведения учебных занятий, планах проведения консультаций с курсантами и т. п. Это также отвлекает преподавателя от продуктивной творческой деятельности.

Поэтому целесообразно включение в АРМ-П специального модуля поддержки принятия решений. По аналогии с предыдущими модулями, он может состоять из двух субмодулей — соответственно рабочей документации по организации учебного процесса в вузе и на кафедре, а также рабочей документации по организации учебного процесса при изучении конкретной учебной дисциплины. В случае востребованности информации, содержащейся в данном модуле, преподаватель в режиме свободного выбора (сервисный режим) всегда может получить к ней доступ [1].

Настоящая работа посвящена созданию модуля поддержки руководства курсовым проектированием по дисциплине «Моделирование».

1.2. Требования к курсовому проекту

1.2.1. Структура пояснительной записки и указания по ее оформлению

Итогом курсового проектирования являются пояснительная записка и защита принятых решений перед комиссией.

Пояснительная записка включает следующие структурные элементы:

титульный лист;

основную часть — разделы:

1. Задание на проектирование.
2. Формализованное описание системы.
3. Блок-схема алгоритма модели.
4. Программа модели.
5. Планирование и проведение эксперимента.
6. Выводы;

литературу;

содержание.

Пояснительная записка пишется (печатается) на одной стороне листа формата 210×297 мм. Поля: левое — 30 мм, правое — 10 мм, верхнее — 15 мм, нижнее — 10 мм.

Каждый раздел начинается с новой страницы. Разделы, подразделы, пункты нумеруются арабскими цифрами с точкой в конце. Например:

- 1.— первый раздел;
- 2.3. — третий подраздел второго раздела;
- 2.3.1. — первый пункт третьего подраздела второго раздела.

Титульный лист, литература, содержание номеров разделов не имеют.

Заголовки разделов пишут (печатают) прописными буквами по центру строки. Заголовки подразделов пишут (печатают) с абзаца строчными буквами (кроме первой прописной). Точки в конце заголовков не ставят.

Обозначения параметров, переменных, характеристик должны быть едиными по всей пояснительной записке.

Рисунки и таблицы помещаются после первого упоминания в тексте, если места на странице окажется недостаточно – на отдельной странице.

Рисунки имеют номер и название. Например:

Рис. 2.1. Блок-схема интегратора

Первая цифра — номер раздела, вторая — номер рисунка в разделе.

Нумерация таблиц аналогична нумерации рисунков. Нумерационный заголовок таблицы размещается справа, тематический — по центру строки над верхней линейкой. Например:

Таблица 3.1

Исходные данные

Ссылки на рисунки и таблицы в тексте делают так: «...на рис. 2.1», «...(рис. 2.1)», «...в табл. 3.1», «...(табл. 3.1)». При повторных ссылках: «...(см. рис. 2.1)», «...(см. табл. 3.1)». Точка после второй цифры не ставится.

Формулы, если их больше одной, нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела. Номер ставится с правой стороны листа на уровне последней строки формулы в круглых скобках, например: (2.1) — первая формула второго раздела. Ссылка на формулу в тексте: «...в формуле (2.1)».

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов приводятся непосредственно под формулой после слова «где» без двоеточия, в той же последовательности, в какой они находятся в формуле.

При приведении формулы и справочных данных обязательны ссылки на источник, например: в [2]...

Блок-схемы алгоритмов моделей представляются на отдельных листах формата 210×297 мм в графике GPSS. Блоки оператора и межблочные связи вычерчиваются шариковой ручкой. Последовательность размещения блоков — сверху вниз. Размер основной части блока — 25 мм по горизонтали, 13 мм по вертикали. Длина соединения между соседними блоками — 13 мм.

Программа модели может быть представлена либо в виде принтерной распечатки на листах формата 210×297 мм, либо написанной вручную на листах того же формата прописными буквами без наклона.

Если модель представляется на языке моделирования, отличном от GPSS (Simpas или др.), или на языке программирования, блок-схемы алгоритмов и программы оформляются в пояснительной записке в соответствии с требованиями Единой системы программной документации (ЕСПД).

При использовании визуальной системы моделирования Simulink из состава Mahtlab или системы моделирования Anylogic модель представляется в принятых для этой системы графических обозначениях.

Основные ГОСТы ЕСПД:

ГОСТ 19.001 — 77 ЕСПД. Общие положения.

ГОСТ 19.002 — 80 ЕСПД. Схемы алгоритмов и программ. Правила выполнения.

ГОСТ 19.003 — 80 ЕСПД. Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные и графические.

ГОСТ 19.004 — 80 ЕСПД. Термины и определения.

ГОСТ 19.101 — 77 ЕСПД. Виды программ и программных документов.

ГОСТ 19.103 — 77 ЕСПД. Обозначение программ и программных документов.

ГОСТ 19.105 — 78 ЕСПД. Общие требования к программным документам.

ГОСТ 19.402 — 78 ЕСПД. Описание программы.

ГОСТ 19.404 — 79 ЕСПД. Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению.

Полный состав ГОСТов приведен в документе: Единая система программной документации. М., 1985.

В пояснительной записке нумеруются все страницы, в том числе и титульный лист. На титульном листе номер не ставят, на последующих страницах номер проставляется в правом верхнем углу арабскими цифрами.

1.2.2. Содержание раздела «Задание на проектирование»

Раздел 1 пояснительной записки «Задание на проектирование» состоит из подразделов:

1.1. Постановка задачи.

1.2. Исходные данные.

1.3. Состояние системы при отказе и восстановлении работоспособности.

1.4. Задание на исследование.

1.5. Дата представления пояснительной записки руководителю.

В подразделе 1.1 дается описание моделируемой системы и цель ее моделирования. Как правило, целью моделирования является определение вероятностных или (и) временных характеристик процесса функционирования системы.

В подразделе 1.2 приводятся числовые значения исходных данных. Распределение случайных величин указывается так:

$NOR[m, \delta]$ — нормальное распределение с математическим ожиданием m и средне-квадратическим отклонением δ ;

$EXP[\lambda]$ — экспоненциальное распределение с интенсивностью λ 1/с;

$RAV[a, b]$ — равномерное распределение на числовом участке от a до b единиц.

В подразделе 1.3 дается описание состояния системы при возникновении отказа (сбоя) и восстановлении работоспособности. Указываются числовые значения потоков отказов и восстановления.

В подразделе 1.4 указываются цель и содержание вычислительного эксперимента, его точность и достоверность, а также вид представления результатов исследования (графики, таблицы, числовые расчеты).

И, наконец, дата представления пояснительной записки руководителю указывается в подразделе 1.5. Задержка представления записки без уважительной причины приводит к снижению оценки.

Информация для написания раздела формируется как результат анализа индивидуального задания, выданного преподавателем.

1.2.3. Содержание раздела «Формализованное описание системы»

В разделе 2 пояснительной записки приводится структурная схема моделируемого объекта. Дается обоснование возможности представления объекта как системы массового обслуживания (СМО). Определяется класс СМО.

При необходимости приводится описание состояний и размеченный граф состояний в предположении о том, что все потоки событий — стационарные пуассоновские.

Могут также приводиться полученные разработчиком аналитические зависимости, необходимые для расчета параметров и показателей модели.

1.2.4. Содержание раздела «Блок-схема алгоритма модели»

В GPSS World имеется определенное количество типов блоков для описания объектов и операций над ними. Каждому блоку соответствует графическое изображение. На основе графических изображений может быть построена блок-схема алгоритма модели, наглядно представляющая взаимодействие событий, происходящих в исследуемой системе. Маршруты потоков сообщений или последовательность событий определяются линиями, соединяющими графические изображения блоков. Как правило, блок-схема является основой для построения программы модели на языке моделирования GPSS World.

В разделе 3 пояснительной записки приводятся результаты разработки блок-схемы модели объекта. Блок-схема разбивается на сегменты, каждый из которых вычерчивается на отдельной странице с заголовками, например, такими:

- ✓ сегмент обработки команд;
- ✓ сегмент отказов и восстановления;
- ✓ сегмент задания времени моделирования и т. д.

Сегмент задания времени моделирования может отсутствовать, если время моделирования определяется моментом достижения заданной точности или выполнения других условий. В этом же сегменте целесообразно размещать средства GPSS для расчета результатов моделирования. Тогда расчет будет производиться только однократно после завершения прогона, а не многократно в ходе его, что существенно сократит машинное время.

Однородные независимые потоки сообщений могут быть объединены в виде композиции потоков. При этом необходимо иметь в виду следующее. Сумма двух случайных величин, имеющих нормальные законы распределения с математическими ожиданиями m_1 и m_2 и среднеквадратическими отклонениями σ_1 и σ_2 , имеет также нормальное распределение с характеристиками

$$m = m_1 + m_2, \quad \sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}.$$

Сумма двух экспоненциально распределенных случайных величин с интенсивностями λ_1 и λ_2 имеет экспоненциальное распределение с суммарной интенсивностью $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$.

Однако сумма равновероятных случайных величин не равновероятна, поэтому объединять такие потоки не следует.

Объединение потоков возможно только в том случае, если в исследованиях они не выступают порознь.

1.2.5. Содержание раздела «Программа модели»

Имя программного файла — фамилия курсанта.

Программа модели имеет заголовок:

; Модель направления связи

Номер варианта — согласно заданию.

Программа модели должна иметь сегментарную структуру. Первый сегмент содержит операторы описания функций, арифметических переменных, таблиц.

Функциональные сегменты соответствуют сегментам блок-схемы модели и имеют заголовки. Например, сегмент программы, описывающий поток команд в первом направлении связи и их обслуживание в устройстве, может иметь заголовок:

; Поток команд направления связи 1

При необходимости операторы могут сопровождаться комментарием:

GENERATE 25,5,,2 ; Поток отказов

1.2.6. Содержание раздела «Планирование и проведение эксперимента»

На вход модели системы воздействует большое число факторов: характеристики потоков сообщений и их обслуживания, потоков отказов и восстановления и др. Откликами являются значения вероятностей обслуживания сообщений и другие показатели. Целью исследования является выявление характера зависимости одного или двух откликов от одного из факторов при номинальных значениях остальных.

При исследовании варьируемый фактор устанавливается на не менее чем пяти уровнях: 20 % ниже номинала, 10 % ниже номинала, номинал, 10 % выше номинала, 20 % выше номинала. Если управляемым фактором является случайная величина (например, время ремонта) с нормальным законом распределения, то изменению подлежат математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение одновременно на одно и то же значение процента.

Вычислительный эксперимент проводится в следующем порядке.

При номинальных значениях факторов выполняется $N_0 = 1000$ реализаций модели и определяется ориентировочное значение искомой вероятности p_0 . Число реализаций для обеспечения заданных точности и достоверности равно

$$N_0 = t_\alpha^2 \frac{p_0(1-p_0)}{\varepsilon^2} \text{ или } N_0 = t_\alpha^2 \frac{(1-p_0)}{p_0 d}.$$

Если окажется, что $N \leq N_0$, моделирование при номинальном режиме будет закончено. Достигнутая точность при этом

$$\varepsilon = t_\alpha \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{1000}} \text{ или } d = t_\alpha \sqrt{\frac{(1-p_0)}{1000 p_0}}.$$

Искомое значение $p = p_0$.

При $N > N_0$ реализации модели продолжают до числа N , после чего окончательно определяется p .

Аналогично выполняется моделирование при остальных четырех значениях управляемого фактора. Значения вероятностей определяются с точностью, не хуже заданной.

Полученные результаты сводятся в табл. 1.1.

Таблица 1.1

| x | -20 % | -10 % | 0 % | +10 % | +20 % |
|-----|----------|----------|-----|-------|-------|
| p | p_{-2} | p_{-1} | p | p_1 | p_2 |

По данным таблицы вычисляются коэффициенты линейного уравнения регрессии и, если необходимо, нелинейного.

Раздел 5 пояснительной записки документируется следующим образом:

1. Расчет p_0 при $N_0 = 1000$.
2. Расчет N . При $N \leq N_0$ расчет ε или d .
3. При $N > N_0$ расчет p .

Приводятся данные из файла статистики GPSS World, использованные при расчете p, p_0 .

Из файла статистики приводятся данные по всем объектам модели: устройствам, очередям, спискам пользователя и т. д.

4. Расчет уровней изменяемого фактора.
5. Заполнение табл. 1.1.
6. Построение графика по данным таблицы.
7. Расчет коэффициентов регрессии.
8. Оценка точности уравнения регрессии.

.2.7. Содержание раздела «Выводы»

Выводы представляют собой самостоятельный раздел 6 пояснительной записки. В нем дается в терминах предметной области анализ результатов, приведенных в табл.1.1, указывается, с какой точностью и достоверностью они получены. Даются практические рекомендации и выводы об адекватности разработанной модели.

1.2.8. Содержание раздела «Литература»

Раздел представляет собой список источников, использованных при выполнении работы. Указываются только те источники, на которые есть ссылки в тексте пояснительной записки.

Источники располагаются и нумеруются в порядке появления ссылок и описываются по форме:

1. Боев В. Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: Учеб. пособие. — СПб: БХВ-Петербург, 2004. — 368 с.

1.2.9. Защита курсового проекта

Пояснительная записка подписывается исполнителем курсового проекта. Страницы записки должны быть скреплены (степлером, скоросшивателем и т. п.). Пояснительная записка представляется руководителю не позже чем за два дня до защиты.

Курсовой проект защищается перед комиссией, состоящей, как правило, не менее чем из двух представителей кафедры. Защита проекта состоит из доклада и ответа на вопросы. Длительность доклада не должна превышать 7—8 мин. В исключительных случаях по просьбе курсанта комиссия может увеличить время доклада до 15 мин.

Рекомендуемый план доклада:

- ✓ тема курсового проекта;
- ✓ краткая характеристика моделируемой системы;
- ✓ цель исследований;
- ✓ результаты исследований;
- ✓ рекомендации по увеличению эффективности исследованной системы.

Доклад сопровождается демонстрацией плакатов:

- ✓ структурная схема моделируемой системы;
- ✓ моделируемая система в элементах СМО;
- ✓ результаты исследований в таблицах и графиках.

Плакатов, к которым нет обращения в докладе, быть не должно.

После ответа на вопросы комиссия заслушивает руководителя, который комментирует доклад и ответы на вопросы, а также степень самостоятельности курсанта при работе над проектом. При выставлении оценки комиссия исходит из полноты и глубины выполненного задания, ответов на вопросы, качества оформления пояснительной записки, а также умения грамотно, полно и кратко излагать результаты своей работы.

1.3. Обоснование требований к модулю руководителя курсовым проектированием по дисциплине «Моделирование»

Модуль руководителя курсовым проектированием должен выполнять ряд функций, направленных на упрощение работы преподавателя. Модуль должен наглядно демонст-

ризовать результаты моделирования, предоставлять возможность изменения и мониторинга условий проведения эксперимента. Отсюда вытекает ряд требований к модулю руководителя курсовым проектированием, которые необходимо выполнить в ходе дипломного проектирования, придав им соответствующую программную реализацию.

Модуль должен содержать:

- блок просмотра задания на проектирование;
- блок просмотра модели;
- блок изменения условий проведения эксперимента;
- блок проведения эксперимента;
- блок вывода результатов моделирования;
- блок сравнения и оценки полученных результатов.

Модуль должен реализовывать следующие функции:

- изменение условий проведения эксперимента;
- применение измененных условий;
- вывод результатов моделирования;
- параллельное проведение нескольких экспериментов;
- сравнение полученных результатов.

Блок просмотра задания на проектирование выполняет вспомогательную функцию и предназначен для просмотра задания, не выходя из приложения. Блок просмотра модели предназначен для анализа модели, его целесообразно интегрировать с блоком изменения условий проведения эксперимента, что облегчит принятие решения об изменении начальных параметров.

Блок проведения эксперимента должен предоставлять возможность просмотра модели, а также быстрый доступ к среде GPSS World для проведения эксперимента. Этот блок можно совместить с блоком вывода результатов, это даст наглядное представление о модели.

Блок сравнения и оценки результатов должен становиться доступным только при параллельном проведении двух экспериментов, в противном случае его функции успешно выполняет блок вывода результатов.

После того, как данные требования будут выполнены, особое внимание стоит уделить внешнему виду приложения, использования стандартных средств визуализации недостаточно для того, чтобы передать предназначение программы.

Также модуль руководителя курсовым проектированием должен содержать демонстрационные варианты моделей, которые могут являться отдельными заданиями и не иметь отношения к заданиям на курсовой проект, а могут быть готовыми решениями на некоторые варианты заданий на курсовое проектирование.

2. МОДЕЛИ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

2.1. Модели функционирования направления связи

Вариант 1

Постановка задачи

Направление связи состоит из n_1 основных, n_2 резервных каналов связи, общего накопителя емкостью на 2 сообщения, n_3 источников. Интервалы T_1, T_2, \dots, T_n поступления сообщений случайные. При нормальной работе сообщения передаются по основным каналам. Время $T_{п1}, T_{п2}, \dots, T_{пn}$ передачи случайные.

Основные каналы подвержены отказам. Интервалы времени $T_{от1}, T_{от2}, \dots, T_{отn}$ между отказами случайные. Если отказ происходит во время передачи, то отыскивается исправный и свободный основной канал.

Если такого нет, включается один из резервных каналов, если он свободен. Время $T_{вк1}, T_{вк2}, \dots, T_{вkn}$ включения постоянное для соответствующего канала. Сообщение, передача которого была прервана, передается по включенному резервному каналу. Время $T_{пр1}, T_{пр2}, \dots, T_{прn}$ передачи случайное. Если свободных резервных каналов нет, сообщение теряется.

Отказавший основной канал восстанавливается. Время $T_{в1}, T_{в2}, \dots, T_{вn}$ восстановления случайное. После восстановления основного канала резервный канал выключается и восстановленный основной канал продолжает работу с передачи очередного сообщения.

В случае полного заполнения накопителя поступающие сообщения теряются.

Исходные данные

| | | |
|------------|--|---|
| $n_1 = 2;$ | $\text{Exp}(T_{п1}) = \text{Exp}(3.2);$ | $\text{Nor}(T_{п2}, T_{от2}) = \text{Nor}(3.5, 0.5);$ |
| | $\text{Exp}(T_{от1}) = \text{Exp}(80);$ | $\text{Exp}(T_{от2}) = \text{Exp}(95);$ |
| | $\text{Exp}(T_{в1}) = \text{Exp}(5.1);$ | $\text{Nor}(T_{в2}, T_{ов2}) = \text{Nor}(6.5, 1.2);$ |
| $n_2 = 2;$ | $T_{вк1} = 1;$ | $T_{вк2} = 1.3;$ |
| | $\text{Nor}(T_{пр1}, T_{оп1}) = \text{Nor}(8.7, 1.2);$ | $\text{Exp}(T_{пр2}) = \text{Exp}(10.8);$ |
| $n_3 = 3;$ | $\text{Exp}(T_1) = \text{Exp}(2.7);$ | |
| | $\text{Rav}(T_2, T_3) = \text{Rav}(3.8, 1.2);$ | |
| | $\text{Exp}(T_3) = \text{Exp}(2.2).$ | |

Емкость накопителя, значения интервалов времени $T_{от1}, T_{от2}$ между отказами, времени $T_{в1}, T_{в2}$ восстановления исследователь изменяет от исходных значений самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,95$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования направления связи. Исследовать влияние емкости накопителя, интервалов времени $T_{от1}, T_{от2}$ между отказами основных каналов и времени $T_{в1}, T_{в2}$ их восстановления на вероятность отказа в передаче сообщений от каждого источника и по направлению связи в целом.

Сделать выводы о загруженности каналов связи и необходимых мерах по повышению эффективности их функционирования.

Программа модели

; Вариант 1

; Модель направления связи

; Задание исходных данных

| | | | |
|---------|-----|------|--|
| Emk | EQU | 2 | ; Емкость накопителя |
| VrMod | EQU | 3600 | ; Время моделирования |
| Koef1 | EQU | 1 | ; Для изменения параметров нормального распределения |
| Koef2 | EQU | 1 | ; Для изменения параметров нормального распределения |
| NKanOsn | EQU | 2 | ; Число основных каналов |
| NKanRez | EQU | 2 | ; Число резервных каналов |
| T1_ | EQU | 2.7 | ; Средний интервал поступления сообщений от источника1 |
| T2_ | EQU | 3.8 | ; Средний интервал поступления сообщений от источника2 |
| T02_ | EQU | 1.2 | ; Стандартное отклонение времени поступления |
| | | | сообщений от источника 2 |
| T3_ | EQU | 2.2 | ; Средний интервал поступления сообщений от источника3 |
| Tposn1 | EQU | 3.2 | ; Среднее время передачи по основному каналу 1 |
| Tposn2 | EQU | 3.5 | ; Среднее время передачи по основному каналу 2 |
| Tposn02 | EQU | 0.5 | ; Стандартное отклонение времени передачи |
| | | | ; по основному каналу 2 |
| Tprez1 | EQU | 8.7 | ; Среднее время передачи по резервному каналу 1 |
| Tprez01 | EQU | 1.2 | ; Стандартное отклонение времени передачи |
| | | | по резервному каналу 1 |
| Tprez2 | EQU | 10.8 | ; Среднее время передачи по резервному каналу 2 |
| Totosn1 | EQU | 80 | ; Среднее время между отказами основного канала 1 |
| Totosn2 | EQU | 95 | ; Среднее время между отказами основного канала 2 |
| Tvosn1 | EQU | 5.1 | ; Среднее время восстановления основного канала 1 |
| Tvosn2 | EQU | 6.5 | ; Среднее время восстановления основного канала 2 |
| Tvosn02 | EQU | 1.2 | ; Стандартное отклонение времени восстановления |
| | | | основного канала 2 |
| Tvk1 | EQU | 1 | ; Время включения резервного канала 1 в работу |
| Tvk2 | EQU | 1.3 | ; Время включения резервного канала 2 в работу |

; Описание арифметических выражений вычисления вероятностей

| | | | |
|------|----------|----------------------------------|-------------------------------|
| Ver1 | VARIABLE | $(N\$Term12+N\$Term14)/N\$Soob1$ | ; передачи сообщений потока 1 |
| Ver2 | VARIABLE | $(N\$Term13+N\$Term15)/N\$Soob2$ | ; передачи сообщений потока 2 |
| Ver3 | VARIABLE | $(N\$Term6+N\$Term9)/N\$Soob3$ | ; передачи сообщений потока 3 |

```

Ver      VARIABLE  (X$Ver1+X$Ver2+X$Ver3)/3; передачи сообщений всех потоков
VOtk     VARIABLE  1-X$Ver          ; отказа в передаче сообщений
VerOtk   VARIABLE  (AC1-X$VrOtk)/AC1      ; безотказной работы

; Сегмент имитации источников сообщений
; Первый источник
      GENERATE  (Exponential(234,0,T1_)) ; Генерация сообщений потока 1
Soob1    ASSIGN  1,1      ; Запись в P1 номера источника
      ASSIGN   6,0      ; Обнуление P6
      TRANSFER ,Spis     ; Отправка сообщения на поиск основного канала

; Второй источник
      GENERATE  T2_,T02_      ; Генерация сообщений потока 2
Soob2    ASSIGN  1,2      ; Запись в P1 номера источника
      ASSIGN   6,0      ; Обнуление P6
      RANSFER  ,Spis     ; Отправка сообщения на поиск основного канала

; Третий источник
      GENERATE  (Exponential(234,0,T3_)) ; Генерация сообщения потока 3
Soob3    ASSIGN  1,3      ; Запись в P1 номера источника
      ASSIGN   6,0      ; Обнуление P6
      TRANSFER ,Spis     ; Отправка сообщения на поиск основного канала

; Сегмент имитации работы накопителя и основного канала
Spis     TEST L   CH$Nak,Emk,Term1 ; Если нет места, то - на счет удаленных
PoiskOsn ASSIGN  4,0 ; Подготовка к циклу поиска свободного и исправного канала
Met1     ASSIGN  4+,1 ; Начало цикла поиска свободного и исправного канала
      GATE  FV   P4,Met2      ; Проверка канала на исправность
      GATE  U    P4,Met3      ; Проверка канала на занятость
Met2     TEST  GE P4,NKanOsn,Met1 ; Все ли каналы просмотрены?
      TEST  E    P6,1,PoiskRez ; Сообщение было прервано? Тогда на RezCan
      LINK    Nak,FIFO ; Сообщение не было прервано? Тогда в накопитель
Met3     SEIZE   P4          ; Занятие канала
      TEST  E    P4,1,Met11; Проверка: какой канал отказал? Если P4=1, то
      ASSIGN  2,(Exponential(30,0,Tposn1)) ; первый канал, иначе -
      TRANSFER ,Met12
Met11    ASSIGN  2,(Normal(48,Tposn2#Koeff1,Tposn02#Koeff1)) ; второй канал

```

Met12 ADVANCE P2 ; Имитация передачи по каналу
RELEASE P4 ; Освобождение канала
UNLINK Nak,PoiskOsn,1; Из накопителя - на поиск основного канала
TRANSFER ,Term4 ; Переданное сообщение - на счет
Term1 TERMINATE ; Счет потерянных сообщений

; Счет сообщений, переданных по основным каналам

Term4 TRANSFER , (Term4+P1)
Term12 TERMINATE ; от источника 1
Term13 TERMINATE ; от источника 2
Term9 TERMINATE ; от источника 3

; Сегмент имитации выхода из строя основного канала
GENERATE ,, ,1

Rozigr1 SAVEVALUE 1, (RN317/1000) ; Обращение к RN и запись в X1
ASSIGN 5,0 ; Подготовка к циклу определения отказавшего канала
OtkOsn ASSIGN 5+,1 ; Начало цикла определения отказавшего канала
TEST LE X1, (P5#(1/NKanOsn)), OtkOsn ; Определение отказавшего канала
ASSIGN 4,P5 ; Занесение в P4 номера отказавшего канала
GATE FV P4,Rozigr1 ; Не является ли канал уже отказавшим?
TEST E P4,1, Met16
ADVANCE (Exponential(11,0,Totosn1)) ; Розыгрыш времени между отказами
ASSIGN 1, (Exponential(15,0,Tvosn1)) ; Розыгрыш времени восстановления
TRANSFER ,Met17

Met16 ADVANCE (Exponential(11,0,Totosn2)) ; Розыгрыш времени между отказами
ASSIGN 1, (Normal(48,Tposn2#Kcoef2,Tposn02#Kcoef2)) ; Время восстановления

; Имитация отказов канала связи

Met17 FUNAVAIL P4,RE, Met4 ; Перевод канала P4 в недоступность
ADVANCE P1 ; Имитация восстановления канала
SAVEVALUE VrOtk+,P1 ; Учет времени отказа
FAVAIL P4 ; Перевод восстановленного канала в доступность
TRANSFER ,Rozigr1 ; Отправить на розыгрыш очередного отказа
Met4 ASSIGN 6,1 ; Занесение в P6 признака прерванного сообщения
RELEASE P4 ; Освободить канал, при передаче по которому произошел отказ
TRANSFER ,PoiskOsn ; Отправить сообщение на поиск свободного канала

; Сегмент имитации работы резервных каналов

```
PoiskRez ASSIGN 4,NKanOsn
Met5 ASSIGN 4+,1
GATE U P4,Met6
TEST GE P4,(NKanOsn+NKanRez),Met5
TEST L CH$Nak,Emk,Term1 ; Если нет места, то - на счет удаленных
LINK Nak,FIFO
Met6 SEIZE P4
TEST E P4,3,Met13
ASSIGN 2,(Normal(45,Tprez1#Koef2,Tprez01#Koef2))
ASSIGN 3,Tvk1
TRANSFER ,Met14
Met13 ASSIGN 2,(Exponential(36,0,Tprez2))
ASSIGN 3,Tvk2
ADVANCE P3 ; Имитация включения канала
Met14 ADVANCE P2 ; Имитация работы канала
RELEASE P4
UNLINK Nak,PoiskOsn,1
```

; Счет сообщений, переданных по резервным каналам

```
Term7 TRANSFER ,(Term7+P1) ; от всех источников
Term14 TERMINATE ; от источника 1
Term15 TERMINATE ; от источника 2
Term6 TERMINATE ; от источника 3
```

; Сегмент задания времени моделирования и вычисления результатов моделирования

```
GENERATE VrMod
SAVEVALUE Ver1,V$Ver1
SAVEVALUE Ver2,V$Ver2
SAVEVALUE Ver3,V$Ver3
SAVEVALUE Ver,V$Ver
SAVEVALUE VOtk,V$VOtk
SAVEVALUE VerOtk,V$VerOtk
TERMINATE 1
```

Вариант 2

Постановка задачи

Направление связи состоит из n_1 основных, n_2 резервных каналов связи, общего накопителя емкостью на 2 сообщения, n_3 источников. Интервалы T_1, T_2, \dots, T_n поступления сообщений случайные. При нормальной работе сообщения передаются по основным каналам. Время $T_{п1}, T_{п2}, \dots, T_{пn}$ передачи случайные.

Основные каналы подвержены отказам. Интервалы времени $T_{от1}, T_{от2}, \dots, T_{отn}$ между отказами случайные. Если отказ происходит во время передачи, то отыскивается исправный и свободный основной канал. Если такого нет, включается один из резервных каналов, если он исправен и свободен. Время $T_{вк1}, T_{вк2}, \dots, T_{вkn}$ включения постоянное для соответствующего канала. Сообщение, передача которого была прервана, передается по включенному резервному каналу. Время $T_{пр1}, T_{пр2}, \dots, T_{прn}$ передачи случайное.

Отказавший основной канал восстанавливается. Время $T_{в1}, T_{в2}, \dots, T_{вn}$ восстановления случайное. После восстановления резервный канал выключается и восстановленный канал продолжает работу с передачи очередного сообщения.

Резервные каналы также подвержены отказам. Интервалы времени $T_{отр1}, T_{отр2}, \dots, T_{отрn}$ между отказами случайные. Отказавший резервный канал восстанавливается. Время $T_{вр1}, T_{вр2}, \dots, T_{врn}$ восстановления случайное. Для прерванного сообщения отыскивается возможность передачи по любому исправному и свободному каналу.

В случае полного заполнения накопителя поступающие сообщения теряются.

Исходные данные

| | | |
|------------|--|---|
| $n_1 = 2;$ | $\text{Exp}(T_{п1}) = \text{Exp}(3.2);$ | $\text{Nor}(T_{п2}, T_{от2}) = \text{Nor}(3.5, 0.5);$ |
| | $\text{Exp}(T_{от1}) = \text{Exp}(80);$ | $\text{Exp}(T_{от2}) = \text{Exp}(95);$ |
| | $\text{Exp}(T_{в1}) = \text{Exp}(5.1);$ | $\text{Nor}(T_{в2}, T_{ов2}) = \text{Nor}(6.5, 1.2);$ |
| $n_2 = 2;$ | $T_{вк1} = 1;$ | $T_{вк2} = 1.3;$ |
| | $\text{Nor}(T_{пр1}, T_{оп1}) = \text{Nor}(8.7, 1.2);$ | $\text{Exp}(T_{пр2}) = \text{Exp}(10.8);$ |
| | $\text{Exp}(T_{отр1}) = \text{Exp}(120);$ | $\text{Exp}(T_{отр2}) = \text{Exp}(130);$ |
| | $\text{Exp}(T_{вр1}) = \text{Exp}(1.3);$ | $\text{Exp}(T_{вр2}) = \text{Exp}(1.4);$ |
| $n_3 = 3;$ | $\text{Exp}(T_1) = \text{Exp}(2.7);$ | $\text{Rav}(T_2, T_3) = \text{Rav}(3.8, 1.2);$ |
| | $\text{Exp}(T_3) = \text{Exp}(2.2).$ | |

Емкость накопителя, значения интервалов времени T_1, T_2, T_3 поступления сообщений исследователь устанавливает от исходных самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,95$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования направления связи. Исследовать влияние емкости L накопителя, интервалов времени T_1, T_2, T_3 поступления сообщений на вероятность отказа в передаче сообщений от каждого источника и по направлению связи в целом.

Сделать выводы о загруженности каналов связи и необходимых мерах по повышению эффективности функционирования направления связи.

Программа модели

; Вариант 2

; Модель направления связи

; Задание исходных данных

Emk EQU 2; Емкость накопителя
VrMod EQU 3600 ; Время моделирования
Koef1 EQU 1 ; Для изменения параметров нормального распределения
Koef2 EQU 1 ; Для изменения параметров нормального распределения
NkanOsn EQU 2 ; Число основных каналов
NkanRez EQU 2 ; Число резервных каналов
T1_ EQU 2.7 ;Средний интервал поступления сообщений от источника 1
T2_ EQU 3.8 ; Средний интервал поступления сообщений от источника 2
T02_ EQU 1.2 ; Стандартное отклонение времени поступления
; сообщений от источника 2
T3_ EQU 2.2 ; Средний интервал поступления сообщений от источника 3
Tposn1 EQU 3.2 ; Среднее время передачи по основному каналу 1
Tposn2 EQU 3.5 ; Среднее время передачи по основному каналу 2
Tposn02 EQU 0.5 ; Стандартное отклонение времени передачи
; по основному каналу 2
Tprez1 EQU 8.7 ; Среднее время передачи по резервному каналу 1
Tprez01 EQU 1.2 ; Стандартное отклонение времени передачи
; по резервному каналу 1
Tprez2 EQU 10.8 ; Среднее время передачи по резервному каналу 2
Totosn1 EQU 80 ; Среднее время между отказами основного канала 1
Totosn2 EQU 95 ; Среднее время между отказами основного канала 2
Totrez1 EQU 220 ; Среднее время между отказами резервного канала 1
Totrez2 EQU 230 ; Среднее время между отказами резервного канала 2
Tvosn1 EQU 5.1 ;Среднее время восстановления основного канала 1
Tvosn2 EQU 6.5 ;Среднее время восстановления основного канала 1
Tvosn01 EQU 1.2 ; Стандартное отклонение времени восстановления
; основного канала 1
Tvrez1 EQU 1.3 ;Среднее время восстановления резервного канала 2
Tvrez2 EQU 1.4 ;Среднее время восстановления резервного канала 2
Tvk1 EQU 1 ;Время включения резервного канала 1 в работу
Tvk2 EQU 1.3 ;Время включения резервного канала 2 в работу

; Описание арифметических выражений вычисления вероятностей

Ver1 VARIABLE (N\$Term12+N\$Term14)/N\$Soob1 ; передачи сообщений потока 1
Ver2 VARIABLE (N\$Term13+N\$Term15)/N\$Soob2 ; передачи сообщений потока 2
Ver3 VARIABLE (N\$Term6+N\$Term9)/N\$Soob3 ; передачи сообщений потока 3

```

Ver      VARIABLE (X$Ver1+X$Ver2+X$Ver3)/3 ; передачи сообщений всех потоков
VOtk     VARIABLE 1-X$Ver                    ; отказа в передаче сообщений
VerOtk   VARIABLE (AC1-X$VrOtk)/AC1         ; безотказной работы

; Сегмент имитации источников сообщений
; Первый источник
      GENERATE (Exponential(234,0,T1_)) ; Генерация сообщений потока 1
Soob1    ASSIGN 1,1                       ; Запись в P1 номера источника
      ASSIGN 6,0                           ; Обнуление P6
TRANSFER ,Spis ; Отправка сообщения на поиск основного канала

; Второй источник
      GENERATE T2_, T02_                   ; Генерация сообщений потока 2
Soob2    ASSIGN 1,2                       ; Запись в P1 номера источника
      ASSIGN 6,0                           ; Обнуление P6
TRANSFER ,Spis ; Отправка сообщения на поиск основного канала

; Третий источник
      GENERATE (Exponential(234,0,T3_)) ; Генерация сообщения потока 3
Soob3    ASSIGN 1,3                       ; Запись в P1 номера источника
      ASSIGN 6,0 ; Обнуление P6
TRANSFER ,Spis ; Отправка сообщения на поиск основного канала

; Сегмент имитации работы накопителя и основного канала
Spis     TEST L CH$Nak,Emk,Term1 ; Если нет места, то - на счет удаленных
PoiskOsn ASSIGN 4,0 ; Подготовка к циклу поиска свободного и исправного канала
Met1     ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла поиска свободного и исправного канала
      GATE FV P4,Met2 ; Проверка канала на исправность
      GATE U P4,Met3 ; Проверка канала на занятость
Met2     TEST GE P4,NKanOsn,Met1 ; Все ли каналы просмотрены?
TEST E   P6,1,PoiskRez ; Сообщение было прервано? Тогда на резервный канал
LINK     Nak,FIFO; Сообщение не было прервано? Тогда в накопитель
Met3     SEIZE P4 ; Занятие канала
      TEST E P4,1,Met11 ; Проверка: какой канал отказал? Если P4=1, то
      ASSIGN 2,(Exponential(30,0,Tposn1)) ; первый канал, иначе -
TRANSFER ,Met12

Met11    ASSIGN 2,(Normal(48,Tposn2#Koeff1,Tposn02#Koeff1)) ; второй канал
Met12    ADVANCE P2 ; Имитация передачи по каналу

```

```

RELEASE P4 ; Освобождение канала
UNLINK Nak,PoiskOsn,1 ; Из накопителя - на поиск основного канала
TRANSFER ,Term4 ; Переданное сообщение - на счет
Term1 TERMINATE ; Счет потерянных сообщений

; Счет сообщений, переданных по основным каналам
Term4 TRANSFER ,(Term4+P1)
Term12 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 1
Term13 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 2
Term9 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 3

; Сегмент имитации выхода из строя основных каналов
GENERATE ,,,2 ; Число транзактов - по числу основных каналов
SAVEVALUE 1+,1 ; Запись в X1 сначала 1, потом 2
ASSIGN 4,X1 ; и занесение 1 в P4 первого, а 2 - второго транзактов
Rozigr1 TEST E P4,1,Met21 ; Если P4=1, то
ADVANCE (Exponential(11,0,Totosn1)); Время между отказами канала1
ASSIGN 1,(Exponential(15,0,Tvosn1));Время восстановления канала1
TRANSFER ,Met22
Met21 ADVANCE (Exponential(11,0,Totosn2)); Время между отказами канала2
ASSIGN 1,(Normal(48,Tposn2#Koeff2,Tposn02#Koeff2)) ; Розыгрыш времени вос-
становления канала 2
Met22 GATE FV P4,Rozigr1 ; Не является ли канал уже отказавшим?

; Имитация отказов канала связи
FUNAVAIL P4,RE,Met4 ; Перевод канала P4 в недоступность
ADVANCE P1 ; Имитация восстановления канала
SAVEVALUE VrOtk+,P1 ; Учет времени отказа
FAVAIL P4 ; Перевод восстановленного канала в доступность
TRANSFER ,Rozigr1 ; Отправить на розыгрыш очередного отказа
Met4 ASSIGN 6,1 ; Занесение в P6 признака прерванного сообщения
RELEASE P4 ; Освободить канал, при передаче по которому произошел отказ
TRANSFER ,PoiskOsn ; Отправить сообщение на поиск свободного канала

; Сегмент имитации работы резервных каналов
PoiskRez ASSIGN 4,NKanOsn
Met5 ASSIGN 4+,1 ; Подготовка к циклу поиска свободного и исправного канала

```

GATE FV P4, Met23 ; Проверка канала на исправность
 GATE U P4, Met6 ; Проверка канала на занятость
 Met23 TEST GE P4, (NkanOsn+NkanRez), Met5 ; Все ли каналы просмотрены?
 TEST L CH\$Nak, Emk, Term1 ; Если нет места, то - на счет удаленных
 LINK Nak, FIFO
 Met6 SEIZE P4 ; Занятие канала
 TEST E P4, 3, Met13 ; Проверка: какой канал свободен?
 ASSIGN 2, (Normal(45, Tprez1#Kcoef2, Tprez01#Kcoef2)) ; Время передачи
 ASSIGN 3, Tvk1 ; Время включения
 TRANSFER , Met14
 Met13 ASSIGN 2, (Exponential(36, 0, Tprez2)) ; Время передачи
 ASSIGN 3, Tvk2 ; Время включения
 ADVANCE P3 ; Имитация включения канала
 Met14 ADVANCE P2 ; Имитация работы канала
 RELEASE P4 ; Освободить канал с номером в P4
 UNLINK Nak, PoiskOsn, 1

 ; Учет сообщений, переданных по резервным каналам
 Term7 TRANSFER , (Term7+P1)
 Term14 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 1
 Term15 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 2
 Term6 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 3

 ; Сегмент имитации выхода из строя резервных каналов
 GENERATE , , 2 ; Число транзактов - по числу резервных каналов
 SAVEVALUE 2+, 1 ; Запись в X2 сначала 1, потом 2
 ASSIGN 4, X2 ; занесение 1 в P4 первого, а 2 - второго транзактов
 ASSIGN 4+, NkanOsn
 Rozigr2 TEST E P4, 3, Met19
 ADVANCE (Exponential(11, 0, Totrez1)) ; Розыгрыш времени между отказами
 ASSIGN 1, (Exponential(15, 0, Tvrez1)) ; Розыгрыш времени восстановления
 TRANSFER , Met20
 Met19 ADVANCE (Exponential(11, 0, Totrez2)) ; Розыгрыш времени между отказами
 ASSIGN 1, (Exponential(11, 0, Tvrez2)) ; Розыгрыш времени восстановления
 Met20 GATE FV P4, Rozigr2 ; Не является ли канал уже отказавшим?
 FUNAVAIL P4, RE, Met7 ; Перевод канала P4 в недоступность
 ADVANCE P1 ; Имитация восстановления канала
 SAVEVALUE VrOtk+, P1 ; Учет времени отказа

```

FAVAIL      P4      ; Перевод восстановленного канала в доступность
TRANSFER   ,Rozigr2 ; Отправить на розыгрыш очередного отказа
Met7       ASSIGN   6,1  ; Занесение в P6 признака прерванного сообщения
RELEASE    P4      ; Освободить канал, при передаче по которому произошел отказ
TRANSFER   ,Spis   ; Отправить непереданное сообщение в накопитель
; Сегмент задания времени моделирования и вычисления результатов
GENERATE    VrMod          ; Задание времени моделирования
TEST E     TG1,1,Met24     ; Если TG1=1, то вычислить результаты
SAVEVALUE  Ver1,V$Ver1    ; Вероятность передачи сообщений потока 1
SAVEVALUE  Ver2,V$Ver2    ; Вероятность передачи сообщений потока 2
SAVEVALUE  Ver3,V$Ver3    ; Вероятность передачи сообщений потока 3
SAVEVALUE  Ver,V$Ver      ; Вероятность передачи сообщений всех потоков
SAVEVALUE  VOtk,V$VOtk    ; Вероятность отказа в передаче сообщений
SAVEVALUE  VerOtk,V$VerOtk ; Вероятность безотказной работы
Met24      TERMINATE 1

```

Вариант 3

Постановка задачи

Направление связи состоит из n_1 основных, n_2 резервных каналов связи, общего накопителя емкостью на 2 сообщения, n_3 источников. Интервалы T_1, T_2, \dots, T_n поступления сообщений случайные. При нормальной работе сообщения передаются по основным каналам. Время $T_{p1}, T_{p2}, \dots, T_{pn}$ передачи случайные.

Основные каналы подвержены отказам. Интервалы времени $T_{ot1}, T_{ot2}, \dots, T_{otn1}$ между отказами случайные. Если отказ происходит во время передачи, то отыскивается исправный и свободный основной канал. Если такого нет, включается один из резервных каналов, если он исправен и свободен. Время $T_{vk1}, T_{vk2}, \dots, T_{vkn2}$ включения постоянное для соответствующего канала. Сообщение, передача которого была прервана, передается по включенному резервному каналу. Время $T_{pr1}, T_{pr2}, \dots, T_{prn2}$ передачи случайное.

Отказавший основной канал восстанавливается. Время $T_{v1}, T_{v2}, \dots, T_{vn1}$ восстановления случайное. После восстановления резервный канал выключается и восстановленный канал продолжает работу с передачи очередного сообщения.

Резервные каналы также подвержены отказам. Интервалы времени $T_{otr1}, T_{otr2}, \dots, T_{otrn2}$ между отказами случайные. Отказавший резервный канал восстанавливается. Время $T_{vr1}, T_{vr2}, \dots, T_{vrn2}$ восстановления случайное. Для прерванного сообщения отыскивается возможность передачи по любому исправному и свободному каналу.

В случае полного заполнения накопителя поступающие сообщения теряются.

Исходные данные

```

n1 = 2;   Exp(Tp1) = Exp(Tp2) = Exp(3.2);
          Exp(Tot1) = Exp(Tot2) = Exp(80);
          Exp(Tv1) = Exp(Tv1) = Exp(5.1);

```

```

n2 = 2;   Твк1 = Твк2 = 1;
          Экp (Тпр1) = Экp (Тпр2) = Экp (8.7);
          Экp (Тотр1) = Экp (Тотр2) = Экp (120);
          Экp (Твр1) = Экp (Твр2) = Экp (1.3);
n3 = 3;   Экp (Т1) = Экp (2.7);   Раv (Т2, Тo2) = Раv (3.8, 1.2);
          Экp (Т3) = Экp (2.2).

```

Емкость накопителя, значения интервалов времени Т1, Т2, Т3 поступления сообщений исследователь устанавливает от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,95$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования направления связи. Исследовать влияние емкости L накопителя, интервалов времени Т1, Т2, Т3 поступления сообщений и количества каналов на вероятность отказа в передаче сообщений от каждого источника и по направлению связи в целом. Сделать выводы о загруженности каналов связи и необходимых мерах по повышению эффективности функционирования направления связи.

Программа модели

```

; Вариант 3
; Модель направления связи
; Задание исходных данных
Emk      EQU      5           ; Емкость накопителя
VrMod    EQU      3600        ; Время моделирования
NKanOsn  EQU      2           ; Число основных каналов
NKanRez  EQU      2           ; Число резервных каналов
Т1_      EQU      2.7 ; Средний интервал поступления сообщений от источника 1
Т2_      EQU      3.8 ; Средний интервал поступления сообщений от источника 2
Т02_     EQU      1.2 ; Стандартное отклонение времени поступления сообщений от источника 2
Т3_      EQU      2.2 ; Средний интервал поступления сообщений от источника 3
Тposn1   EQU      3.2         ; Среднее время передачи по основному каналу
Тпреz1   EQU      8.7         ; Среднее время передачи по резервному каналу
Тotosn1  EQU      80          ; Среднее время между отказами основного канала
Тотрез1  EQU      120         ; Среднее время между отказами резервного канала
Тvosn1   EQU      5.1         ; Среднее время восстановления основного канала
Тvrez1   EQU      1.3         ; Среднее время восстановления резервного канала
Тvk1     EQU      1           ; Время включения резервного канала в работу

; Описание арифметических выражений вычисления вероятностей
Ver1     VARIABLE (N$Term12+N$Term14)/N$Soob1 ; передачи сообщений потока 1
Ver2     VARIABLE (N$Term13+N$Term15)/N$Soob2 ; передачи сообщений потока 2
Ver3     VARIABLE (N$Term6+N$Term9)/N$Soob3  ; передачи сообщений потока 3
Ver      VARIABLE (X$Ver1+X$Ver2+X$Ver3)/3   ; передачи сообщений всех потоков
Votk     VARIABLE 1-X$Ver                    ; отказа в передаче сообщений
VerOtk   VARIABLE (AC1-X$VrOtk)/AC1          ; безотказной работы

; Сегмент имитации источников сообщений
; Первый источник
GENERATE (Exponential(234,0,Т1_)) ; Генерация сообщений потока 1
Soob1    ASSIGN 1,1                 ; Запись в P1 номера источника
          ASSIGN 6,0                 ; Обнуление P6
          TRANSFER ,Spis              ; Отправка сообщения на основные каналы

; Второй источник
GENERATE Т2_, Т02_                   ; Генерация сообщений потока 2
Soob2    ASSIGN 1,2                 ; Запись в P1 номера источника
          ASSIGN 6,0                 ; Обнуление P6

```

```

TRANSFER ,Spis ; Отправка сообщения на основные каналы
; Третий источник
GENERATE (Exponential(234,0,T3_)) ; Генерация сообщений потока 3
Soob3 ASSIGN 1,3 ; Запись в P1 номера источника
ASSIGN 6,0 ; Обнуление P6
TRANSFER ,Spis ; Отправка сообщения на основные каналы

; Сегмент имитации работы накопителя и основных каналов
Spis TEST L CH$Nak,Emk,Term1 ; Если нет места, то - на счет удаленных
PoiskOsn ASSIGN 4,0 ; Подготовка к циклу поиска свободного и исправного канала
Met1 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла поиска свободного и исправного канала
GATE FV P4,Met2 ; Проверка канала на исправность
GATE U P4,Met3 ; Проверка канала на занятость
Met2 TEST GE P4,NKanOsn,Met1 ; Все ли каналы просмотрены?
TEST E P6,1,PoiskRez ; Сообщение было прервано? Тогда на резервный канал
TEST L CH$Nak,Emk,Term1 ; Если нет места, то - на счет удаленных
LINK Nak,FIFO ; Сообщение не было прервано? Тогда в накопитель
Met3 SEIZE P4 ; Занятие канала
ADVANCE (Exponential(30,0,Tposn1)) ; Имитация передачи по каналу
RELEASE P4 ; Освобождение канала
UNLINK Nak,PoiskOsn,1 ; Из накопителя - на поиск основного канала
TRANSFER ,Term4 ; Переданное сообщение - на счет
Term1 TERMINATE ; Счет потерянных сообщений

; Счет сообщений, переданных по основным каналам
Term4 TRANSFER , (Term4+P1)
Term12 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 1
Term13 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 2
Term9 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 3

; Сегмент имитации выхода из строя основных каналов
GENERATE ,,,1
Rozigr1 ADVANCE (Exponential(11,0,(Totosn1/NKanOsn))) ; Время между отказами
SAVEVALUE 1,(RN317/1000) ; Обращение к RN и запись в X1
ASSIGN 5,0 ; Подготовка к циклу определения отказавшего канала
OtkOsn ASSIGN 5+,1 ; Начало цикла определения отказавшего канала
TEST LE X1,(P5#(1/NKanOsn)),OtkOsn;Определение отказавшего канала
ASSIGN 4,P5 ; Занесение в P4 номера отказавшего канала
GATE FV P4,Rozigr1 ; Не является ли канал уже отказавшим?
ASSIGN 1,(Exponential(15,0,Tvosn1)) ; Время восстановления
; Имитация отказов канала связи
Met17 FUNAVAIL P4,RE,Met4 ; Перевод канала P4 в недоступность
ADVANCE P1 ; Имитация восстановления канала
SAVEVALUE VrOtk+,P1 ; Учет времени отказа
FAVAIL P4 ; Перевод восстановленного канала в доступность
TRANSFER ,Rozigr1 ; Отправить на розыгрыш очередного отказа
Met4 ASSIGN 6,1 ; Занесение в P6 признака прерванного сообщения
RELEASE P4 ; Освободить канал, при передаче по которому произошел отказ
TRANSFER ,PoiskOsn ;Отправить сообщение на поиск свободного канала

; Сегмент имитации работы резервных каналов
PoiskRez ASSIGN 4,NKanOsn ; Подготовка к циклу поиска свободного и исправного
канала
Met5 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла поиска свободного и исправного канала
GATE FV P4,Met18 ; Проверка канала на исправность
GATE U P4,Met6 ; Проверка канала на занятость
Met18 TEST GE P4,(NKanOsn+NKanRez),Met5 ; Все ли каналы просмотрены?
TEST L CH$Nak,Emk,Term1 ; Если нет места, то - на счет удаленных
LINK Nak,FIFO ; Поместить в накопитель
Met6 SEIZE P4 ; Занять канал с номером в P4
ADVANCE Tvk1 ; Имитация включения канала
ADVANCE (Exponential(36,0,Tprez1)) ; Имитация работы канала
RELEASE P4 ; Освободить канал с номером в P4
UNLINK Nak,PoiskOsn,1 ; Очередное сообщение на передачу

```

```

; Учет сообщений, переданных по резервным каналам
Term7      TRANSFER  , (Term7+P1)
Term14     TERMINATE                ; Счет сообщений от источника 1
Term15     TERMINATE                ; Счет сообщений от источника 2
Term6      TERMINATE                ; Счет сообщений от источника 3

; Сегмент имитации выхода из строя резервных каналов
GENERATE   , , , 1
Rozigr2   ADVANCE   (Exponential(11,0,(Totrez1/NKanRez))) ; Время между отказами
SAVEVALUE 2, (RN415/1000) ; Обращение к RN и запись в X2
ASSIGN     5,0 ; Подготовка к циклу определения отказавшего канала
OtkRez    ASSIGN    5+,1 ; Начало цикла определения отказавшего канала
TEST LE   X2, (P5#(1/NKanRez)), OtkRez ; Определение отказавшего канала
ASSIGN     4, (P5+NKanOsn) ; Занесение в P4 номера отказавшего канала
GATE FV   P4, Rozigr2 ; Не является ли канал уже отказавшим?
ASSIGN     1, (Exponential(11,0,Tvrez1)) ; Розыгрыш времени восстановления
FUNAVAIL  P4, RE, Met7 ; Перевод канала P4 в недоступность
ADVANCE   P1 ; Имитация восстановления канала
SAVEVALUE VrOtk+, P1 ; Учет времени отказа
FAVAIL    P4 ; Перевод восстановленного канала в доступность
TRANSFER  , Rozigr2 ; Отправить на розыгрыш очередного отказа
Met7      ASSIGN    6,1 ; Занесение в P6 признака прерванного сообщения
RELEASE   P4 ; Освободить канал, при передаче по которому произошел отказ
TRANSFER  , Spis ; Отправить непереданное сообщение в накопитель

; Сегмент задания времени моделирования и вычисления результатов
GENERATE   VrMod ; Задание времени моделирования
TEST E     TG1, 1, Met19 ; Если TG1=1, то расчет результатов
SAVEVALUE Ver1, V$Ver1 ; Вероятность передачи сообщений потока1
SAVEVALUE Ver2, V$Ver2 ; Вероятность передачи сообщений потока2
SAVEVALUE Ver3, V$Ver3 ; Вероятность передачи сообщений потока3
SAVEVALUE Ver, V$Ver ; Вероятность передачи сообщений всех потоков
SAVEVALUE VOtk, V$VOtk ; Вероятность отказав в передаче сообщений
SAVEVALUE VerOtk, V$VerOtk ; Вероятность безотказной работы
Met19     TERMINATE 1

```

Вариант 4

Постановка задачи

Направление связи состоит из n_1 основных, n_2 резервных каналов связи, общего накопителя емкостью на 2 сообщения, n_3 источников. Интервалы T_1, T_2, \dots, T_n поступления сообщений случайные. При нормальной работе сообщения передаются по основным каналам. Время $T_{p1}, T_{p2}, \dots, T_{pn}$ передачи случайные.

Основные каналы подвержены отказам. Интервалы времени $T_{ot1}, T_{ot2}, \dots, T_{otn1}$ между отказами случайные. Если отказ происходит во время передачи, отыскивается исправный и свободный основной канал. Если такого нет, включается один из резервных каналов, если он исправен и свободен. Время $T_{vk1}, T_{vk2}, \dots, T_{vkn2}$ включения постоянное для соответствующего канала. Сообщение, передача которого была прервана, передается по включенному резервному каналу. Время $T_{pr1}, T_{pr2}, \dots, T_{prn2}$ передачи случайное. Отказавший основной канал восстанавливается. Время $T_{v1}, T_{v2}, \dots, T_{vn1}$ восстановления случайное. После восстановления резервный канал выключается и восстановленный канал продолжает работу с передачи очередного сообщения.

Резервные каналы также подвержены отказам. Интервалы времени $T_{otr1}, T_{otr2}, \dots, T_{otrn2}$ между отказами случайные. Отказавший резервный канал восстанавливается. Время $T_{vr1}, T_{vr2}, \dots, T_{vrn2}$ восстановления случайное. Для

прерванного сообщения отыскивается возможность передачи по любому исправному и свободному каналу.

Сообщения источника 1 обладают абсолютным приоритетом по отношению к сообщениям других источников. Вследствие этого, если при поступлении сообщения от источника 1 все каналы заняты также передачей сообщений от источника 1, то прерывания не происходит и заявка считается потерянной. Если же есть передача сообщений от других источников, то передача любого из них прерывается и начинается передача сообщения от источника 1. Сообщения более низких категорий теряются. В случае полного заполнения накопителя поступающие сообщения теряются.

Исходные данные

$n_1 = 2$; $\text{Exp}(T_{п1}) = \text{Exp}(T_{п2}) = \text{Exp}(3.2)$; $\text{Exp}(T_{от1}) = \text{Exp}(T_{от2}) = \text{Exp}(80)$;
 $\text{Exp}(T_{в1}) = \text{Exp}(T_{в1}) = \text{Exp}(5.1)$;
 $n_2 = 2$; $T_{вк1} = T_{вк2} = 1$;
 $\text{Exp}(T_{пр1}) = \text{Exp}(T_{пр2}) = \text{Exp}(8.7)$; $\text{Exp}(T_{отпр1}) = \text{Exp}(T_{отпр2}) = \text{Exp}(120)$;
 $\text{Exp}(T_{вр1}) = \text{Exp}(T_{вр2}) = \text{Exp}(1.3)$;
 $n_3 = 3$; $\text{Exp}(T_1) = \text{Exp}(2.7)$; $R_{av}(T_2, T_{o2}) = R_{av}(3.8, 1.2)$; $\text{Exp}(T_3) = \text{Exp}(2.2)$.

Емкость накопителя, значения интервалов времени T_1 , T_2 , T_3 поступления сообщений исследователь устанавливает от исходных самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,95$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования направления связи. Исследовать влияние емкости L накопителя, интервалов времени T_1 , T_2 , T_3 поступления сообщений и количества каналов на вероятность отказа в передаче сообщений от каждого источника и по направлению связи в целом.

Сделать выводы о загруженности каналов связи и необходимых мерах по повышению эффективности функционирования направления связи.

Программа модели

```
; Вариант 4
; Модель направления связи
; Задание исходных данных
Emk      EQU      2          ; Емкость накопителя
VrMod    EQU      3600       ; Время моделирования
NkanOsn  EQU      2          ; Число основных каналов
NkanRez  EQU      2          ; Число резервных каналов
T1_      EQU      2.7       ; Средний интервал поступления сообщений от источника 1
T2_      EQU      3.8       ; Средний интервал поступления сообщений от источника 2
T02_     EQU      1.2       ; Стандартное отклонение времени поступления сообщений от источника 2
T3_      EQU      2.2       ; Средний интервал поступления сообщений от источника 3
Tposn1   EQU      3.2       ; Среднее время передачи по основному каналу
Tprez1   EQU      8.7       ; Среднее время передачи по резервному каналу
Totosn1  EQU      80        ; Среднее время между отказами основного канала
Totrez1  EQU      120       ; Среднее время между отказами резервного канала
Tvsn1    EQU      5.1       ; Среднее время восстановления основного канала
Tvrez1   EQU      1.3       ; Среднее время восстановления резервного канала
Tvk1     EQU      1         ; Время включения резервного канала в работу

; Описание арифметических выражений вычисления вероятностей
Ver1     VARIABLE (N$Term12+N$Term14)/N$Soob1 ; передачи сообщений потока 1
Ver2     VARIABLE (N$Term13+N$Term15)/N$Soob2 ; передачи сообщений потока 2
Ver3     VARIABLE (N$Term6+N$Term9)/N$Soob3   ; передачи сообщений потока 3
Ver      VARIABLE (X$Ver1+X$Ver2+X$Ver3)/3   ; передачи сообщений всех потоков
```

```

VOtk      VARIABLE 1-X$Ver          ; отказа в передаче сообщений
VerOtk    VARIABLE (AC1-X$VrOtk)/AC1 ; безотказной работы

; Сегмент имитации источников сообщений
; Первый источник
Soob1     GENERATE (Exponential(234,0,T1_)) , , 1 ; Генерация сообщений потока 1
          ASSIGN 1,1 ; Запись в P1 номера источника
          ASSIGN 6,0 ; Обнуление P6
          TRANSFER ,Spis ; Отправка сообщения на поиск основного канала

; Второй источник
Soob2     GENERATE T2_,T02_ ; Генерация сообщений потока 2
          ASSIGN 1,2 ; Запись в P1 номера источника
          ASSIGN 6,0 ; Обнуление P6
          TRANSFER ,Spis ; Отправка сообщения на поиск основного канала

; Третий источник
Soob3     GENERATE (Exponential(234,0,T3_)) ; Генерация сообщения потока 3
          ASSIGN 1,3 ; Запись в P1 номера источника
          ASSIGN 6,0 ; Обнуление P6
          TRANSFER ,Spis ; Отправка сообщения на поиск основного канала

; Сегмент имитации работы накопителя и основных каналов
Spis      TEST L CH$Nak,Emk,Term1 ; Если нет места, то - на счет удаленных
PoiskOsn ASSIGN 4,0 ; Подготовка к циклу поиска свободного и исправного канала
Met1     ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла поиска свободного и исправного канала
          GATE FV P4,Met2 ; Проверка канала на исправность
          GATE U P4,Met3 ; Проверка канала на занятость
          TEST E X*4,1,Met20 ; Если канал не занят источником 1, то прервать
Met2     TEST GE P4,NKanOsn,Met1 ; Все ли каналы просмотрены?
          TEST E P6,1,PoiskRez ; Сообщение было прервано? Тогда на резервный канал
          TEST L CH$Nak,Emk,Term1 ; Если нет места, то - на счет удаленных
          LINK Nak,FIFO ; Сообщение не было прервано? Тогда в накопитель
Met3     SEIZE P4 ; Занятие канала
          SAVEVALUE P4,P1 ; В X с номером в P4 номер источника
          ADVANCE (Exponential(30,0,Tposn1)) ; Имитация передачи по каналу
          RELEASE P4 ; Освобождение канала
          SAVEVALUE P4,0 ; Обнулить X с номером в P4
          UNLINK Nak,PoiskOsn,1 Из накопителя - на поиск основного канала
          TRANSFER ,Term4 ; Переданное сообщение - на счет
Term1    TERMINATE ; Счет потерянных сообщений

Met20    PREEMPT P4,PR,Term1,,RE ; Прервать передачу сообщений с низким приоритетом
          SAVEVALUE P4,P1 ; Записать в X с номером в P4 номер источника
          ADVANCE (Exponential(30,0,Tposn1)) ; Имитация передачи по каналу
          RETURN P4 ; Освободить канал с номером в P4
          SAVEVALUE P4,0 ; Обнулить X с номером в P4

; Счет сообщений, переданных по основным каналам
Term4    TRANSFER , (Term4+P1)
Term12   TERMINATE ; Счет сообщений от источника 1
Term13   TERMINATE ; Счет сообщений от источника 2
Term9    TERMINATE ; Счет сообщений от источника 3

; Сегмент имитации выхода из строя основных каналов
GENERATE , , , 1
Rozigr1  ADVANCE (Exponential(11,0,(Totosn1/NKanOsn))) ; Розыгрыш времени между отка-
зами
          SAVEVALUE 1000,(RN317/1000) ; Обращение к RN и запись в X1
OtkOsn   ASSIGN 5,0 ; Подготовка к циклу определения отказавшего канала
          ASSIGN 5+,1 ; Начало цикла определения отказавшего канала
          TEST LE X1000,(P5#(1/NKanOsn)),OtkOsn ; Определение отказавшего канала
          ASSIGN 4,P5 ; Занесение в P4 номера отказавшего канала
          GATE FV P4,Rozigr1 ; Не является ли канал уже отказавшим?
          ASSIGN 1,(Exponential(15,0,Tvosn1)) ; Розыгрыш времени восстановления

```

```

; Имитация отказов канала связи
Met17 FUNAVAIL P4,RE,Met4 ; Перевод канала P4 в недоступность
ADVANCE P1 ; Имитация восстановления канала
SAVEVALUE VrOtk+,P1 ; Учет времени отказа
FAVAIL P4 ; Перевод восстановленного канала в доступность
TRANSFER ,Rozigr1 ; Отправить на розыгрыш очередного отказа
Met4 ASSIGN 6,1 ; Занесение в P6 признака прерванного сообщения
RELEASE P4 ; Освободить канал, при передаче по которому произо-
шел отказ
TRANSFER ,PoiskOsn ; Отправить сообщение на поиск свободного канала

; Сегмент имитации работы резервных каналов
PoiskRez ASSIGN 4,NKanOsn ; Подготовка к циклу поиска свободного и исправного
канала
Met5 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла поиска свободного и исправного канала
GATE FV P4,Met18 ; Проверка канала на исправность
GATE U P4,Met6 ; Проверка канала на занятость
TEST E X*4,1,Met21 ; Если канал не занят источником 1, то прервать
Met18 TEST GE P4,(NKanOsn+NKanRez),Met5 ; Все ли каналы просмотрены?
TEST L CH$Nak,Emk,Term1 ; Если нет места, то - на счет удаленных
LINK Nak,FIFO ; Поместить в накопитель
Met6 SEIZE P4 ; Занять канал с номером в P4
SAVEVALUE P4,P1 ; В X с номером в P4 номер источника
ADVANCE Tvk1 ; Имитация включения канала
ADVANCE (Exponential(36,0,Tprez1)) ; Имитация работы канала
RELEASE P4 ; Освободить канал с номером в P4
SAVEVALUE P4,0 ; Обнулить X с номером в P4
UNLINK Nak,PoiskOsn,1 ; Очередное сообщение на передачу

; Учет сообщений, переданных по резервным каналам
Term7 TRANSFER ,(Term7+P1)
Term14 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 1
Term15 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 2
Term6 TERMINATE ; Счет сообщений от источника 3

Met21 PREEMPT P4,PR,Term1,,RE ; Прервать передачу сообщений с низким приоритетом
SAVEVALUE P4,P1 ; Записать в X с номером в P4 номер источника
ADVANCE (Exponential(30,0,Tposn1)) ; Имитация передачи по каналу
RETURN P4 ; Освободить канал с номером в P4
SAVEVALUE P4,0 ; Обнулить X с номером в P4
TRANSFER ,Term7

; Сегмент имитации выхода из строя резервных каналов
GENERATE ,,,1
Rozigr2 ADVANCE (Exponential(11,0,(Totrez1/NKanRez))) ; Розыгрыш времени между отка-
зами
SAVEVALUE 1001,(RN415/1000) ; Обращение к RN и запись в X2
ASSIGN 5,0 ; Подготовка к циклу определения отказавшего канала
OtkRez ASSIGN 5+,1 ; Начало цикла определения отказавшего канала
TEST LE X1001,(P5#(1/NKanRez)),OtkRez ; Определение отказавшего канала
ASSIGN 4,(P5+NKanOsn) ; Занесение в P4 номера отказавшего канала
GATE FV P4,Rozigr2 ; Не является ли канал уже отказавшим?
ASSIGN 1,(Exponential(11,0,Tvrez1)) ; Розыгрыш времени восстановления
FUNAVAIL P4,RE,Met7 ; Перевод канала P4 в недоступность
ADVANCE P1 ; Имитация восстановления канала
SAVEVALUE VrOtk+,P1 ; Учет времени отказа
FAVAIL P4 ; Перевод восстановленного канала в доступность
TRANSFER ,Rozigr2 ; Отправить на розыгрыш очередного отказа
Met7 ASSIGN 6,1 ; Занесение в P6 признака прерванного сообщения
RELEASE P4 ; Освободить канал, при передаче по которому произо-
шел отказ
TRANSFER ,Spis ; Отправить непереданное сообщение в накопитель

; Сегмент задания времени моделирования и вычисления результатов
GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования

```

```

TEST E      TG1,1,Met19      ; Если TG1=1, то расчет результатов
SAVEVALUE  Ver1,V$Ver1      ; Вероятность передачи сообщений потока1
SAVEVALUE  Ver2,V$Ver2      ; Вероятность передачи сообщений потока2
SAVEVALUE  Ver3,V$Ver3      ; Вероятность передачи сообщений потока3
SAVEVALUE  Ver,V$Ver        ; Вероятность передачи сообщений всех потоков
SAVEVALUE  V0tk,V$V0tk      ; Вероятность отказа в передаче сообщений
SAVEVALUE  Ver0tk,V$Ver0tk  ; Вероятность безотказной работы
Met19      TERMINATE 1

```

2.2. Модели предприятия по производству изделий

Вариант 5

Постановка задачи

Предприятие имеет n_1 цехов, производящих n_1 типов блоков, т. е. каждый цех производит блоки одного типа. Интервалы выпуска блоков T_1, T_2, \dots, T_{n_1} – случайные. Из n_1 блоков собирается одно изделие.

Перед сборкой каждый тип блоков проверяется на $n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1n}$ соответствующих постах. Длительности контроля одного соответствующего блока $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$ – случайные. На каждом посту бракуется $q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1n}$ % блоков соответственно. Эти блоки в дальнейшем процессе сборки не участвуют и удаляются с постов контроля.

Прошедшие контроль, т. е. не забракованные блоки поступают на один из n_2 пунктов сборки. На каждом пункте сборки одновременно собирается только одно изделие. Сборка начинается только тогда, когда имеются все необходимые n_1 блоков различных типов. Время сборки T_c случайное.

После сборки изделие поступает на один из n_3 стендов выходного контроля. На одном стенде одновременно проверяется только одно изделие. Время проверки T_p случайное. По результатам проверки бракуется q_2 % изделий.

Забракованное изделие направляется в цех сборки, где неработоспособные блоки заменяются новыми. Время замены T_c случайное. После замены блоков изделие вновь поступает на один из стендов выходного контроля.

Прошедшие стенд выходного контроля изделия поступают в отдел военной приемки. Время приемки $T_{пр}$ одного изделия случайное. По результатам приемки бракуется q_4 % изделий, которые направляются вновь на стенд выходного контроля.

Принятые военной приемкой изделия направляются на склад.

Исходные данные

```

n1 = 3;   Exp(T1) = Exp(12);           Rav(T2, To2) = Rav(8, 4);
          Rav(T3, To3) = Rav(7, 5);
n11 = 2;  Exp(T11) = Exp(7);
n12 = 2;  Rav(T12, To12) = Rav(3, 9);
n13 = 2;  Exp(T13) = Exp(10);
n2 = 2;   Nor(Tc, Toc) = Nor(18, 2);
n3 = 2;   Nor(Tп, Top) = Nor(12, 2);
          Nor(Tпр, Topр) = Nor(15, 2).

```

Величины брака q_{11}, q_{12}, q_{13} для n_{11}, n_{12}, n_{13} соответственно, q_2 , и q_4 исследователь устанавливает самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 1$ и достоверной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования предприятия. Исследовать влияние качества изготовления блоков q_{11} , q_{12} , q_{13} на количество принятых военной приемкой изделий в течение недели (48 часов).

Сделать выводы о загруженности подразделений предприятия и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

Программа модели

```
; Вариант 5
; Модель функционирования предприятия
; Замена имен MKU номерами
Kontr1 EQU 1 ; Замена имен MKU номерами
Kontr2 EQU 2 ; Замена имен MKU номерами
Kontr3 EQU 3 ; Замена имен MKU номерами
; Задание исходных данных
q11_ EQU 0.01 ; Доля забракованных блоков на постах n11
q12_ EQU 0.03 ; Доля забракованных блоков на постах n12
q13_ EQU 0.05 ; Доля забракованных блоков на постах n13
q2_ EQU 0.05 ; Доля забракованных изделий на пункте выходного контроля
q4_ EQU 0.05 ; Доля забракованных изделий военной приемкой
TipB1 EQU 3 ; Макс количество типов блоков, изготавливаемых цехами
VrMod EQU 2880 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 мин
T1_ EQU 12 ; Средний интервал выпуска блоков типа 1
T2_ EQU 8 ; Средний интервал выпуска блоков типа 2
T02_ EQU 4 ; Стандартное отклонение времени выпуска блоков типа 2
T3_ EQU 7 ; Средний интервал выпуска блоков типа 3
T03_ EQU 5 ; Стандартное отклонение времени выпуска блоков типа 3
T11_ EQU 7 ; Среднее время контроля на постах n11
T12_ EQU 9 ; Среднее время контроля на постах n12
T012_ EQU 3 ; Стандартное отклонение времени контроля на постах n12
T13_ EQU 10 ; Среднее время контроля на постах n13
Tc_ EQU 18 ; Среднее время сборки изделия
T0c_ EQU 2 ; Стандартное отклонение времени сборки изделия
Tp_ EQU 18 ; Среднее время проверки изделия
T0p_ EQU 2 ; Стандартное отклонение времени проверки изделия
Tpr_ EQU 15 ; Среднее время приема изделия
T0pr_ EQU 2 ; Стандартное отклонение времени приема изделия

; Задание количества пунктов сборки и контроля
Sbor STORAGE 2 ; Количество пунктов сборки
Kontr1 STORAGE 2 ; Количество постов n11
Kontr2 STORAGE 2 ; Количество постов n12
Kontr3 STORAGE 2 ; Количество постов n13
Kontsb STORAGE 2 ; Количество пунктов сборки

;Сегмент имитации работы цеха 1 без постов контроля
GENERATE (Exponential(32,0,T1_))
ASSIGN 1,1 ; Код 1 в параметре 1 транзакта - тип 1 блока
ASSIGN 2,(Exponential(23,0,T11_)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в P2
ASSIGN 9,q11_;Запись в P9 доли брака блоков после контроля
TRANSFER ,Met1

; Сегмент имитации работы цеха 2 без постов контроля
GENERATE T2_,T02_
ASSIGN 1,2 ; Код 2 в параметре 1 транзакта - тип 2 блока
ASSIGN 2,((T12_-T012_)+2#T012_#(RN27/1000)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в P2
ASSIGN 9,q12_ ; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
TRANSFER ,Met1
```

```

; Сегмент имитации работы цеха 3 без постов контроля
GENERATE T3_,T03_
ASSIGN 1,3 ; Код 3 в параметре 1 транзакта - тип 3 блока
ASSIGN 2,(Exponential(22,0,T13_)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в
P2
ASSIGN 9,q13_ ; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля

; Сегмент имитации работы постов контроля блоков
Met1 QUEUE P1 ; Встать в очередь с номером в P1
ENTER P1 ; Занять МКУ с номером в P1
DEPART P1 ; Покинуть очередь с номером в P1
ADVANCE P2 ; Имитация контроля с временем в P2
LEAVE P1 ; Освободить МКУ с номером в P1
TEST E P1,1,Met21
TRANSFER P9,,Met14 ; Отправить брак блоков n1 к Met14
LINK P1,FIFO ; Готовые блоки типа 1 на склад с номером в P1
Met21 TEST E P1,2,Met22
TRANSFER P9,,Met14 ; Отправить брак блоков n2 к Met14
LINK P1,FIFO ; Готовые блоки типа 2 на склад с номером в P1
Met22 TRANSFER P9,,Met14 ; Отправить брак блоков n3 к Met14
LINK P1,FIFO ; Готовые блоки типа 3 на склад с номером в P1

; Сегмент имитации сборки изделий
GENERATE ,,,1
Met3 ASSIGN 1,0 ; Подготовка к циклу
Met13 ASSIGN 1+,1 ; Начало цикла по числу типов блоков
TEST L P1,TipB1,Met4 ; Все ли типы блоков?
TEST NE CH*1,0 ; Есть на складе готовые блоки?
UNLINK P1,Term5,1 ; Да
TEST G P1,TipB1,Met13 ; Блоки всех типов есть? Если да, то
Met4 UNLINK P1,Met5,1 ; отправить блоки на сборку
TRANSFER ,Met3 ; Вернуться для проверки наличия всех типов блоков
для следующего изделия
Met5 QUEUE Sboraka ; Занять очередь на пункты сборки
ENTER Sbor ; Занять пункт сборки
DEPART Sboraka ; Освободить очередь на пункт сборки
ADVANCE (Normal(15,Tc_,T0c_)) ; Имитация сборки
LEAVE Sbor ; Освободить пункт сборки

; Сегмент имитации работы стендов выходного контроля
Met9 QUEUE KontSbor ; Занять очередь на стенд выходного контроля
ENTER Kontsb ; Занять стенд выходного контроля
DEPART KontSbor ; Освободить очередь на стенд выходного контроля
ADVANCE (Normal(11,Tr_,T0p_)) ; Имитация работы стенда выходного контроля
LEAVE Kontsb ; Освободить стенд выходного контроля
TRANSFER q2_,,Met5 ; Направить в военную приемку, а брак-на замену на
пункт сборки

; Сегмент имитации работы военной приемки
QUEUE Ovpr ; Занять очередь в военную приемку
SEIZE Konvpr ; Занять военную приемку
DEPART Ovpr ; Освободить очередь в военную приемку
ADVANCE (Normal(11,Trp_,T0pr_)) ; Имитация работы военной приемки
RELEASE Konvpr ; Освободить военную приемку
TRANSFER q4_,,Met9 ; Готовые изделия-на склад

; Сегмент счета блоков и изделий
Term7 TERMINATE ; Количество готовых изделий
Met14 SAVEVALUE P1+,1 ; Количество забракованных блоков всех типов
TERMINATE
Term5 TERMINATE

; Задание времени моделирования и расчет результатов моделирования
GENERATE Vrmod ; Задание времени моделирования
TEST L X$prog,TG1,Met10 ; Если X$prog< содержимого счетчика завершений, то

```

```

SAVEVALUE prog,TG1 ; записать в X$Prog содержимое счетчика завершений
Met10 TEST E TG1,1,Met12 ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то
расчет результатов моделирования
SAVEVALUE Kolizd, (INT(N$Term7/X$prog)) ; Количество готовых изделий
ASSIGN 1,0 ; Подготовка к циклу
Met15 ASSIGN 1+,1 ; Начало цикла по числу типов блоков
SAVEVALUE (10+P1), (INT(CH*1/X$Prog)) ; Количество готовых блоков всех типов,
оставшихся на складах
SAVEVALUE P1, (INT(X*1/X$Prog)) ; Количество забракованных блоков всех типов
ASSIGN 11, (20+P1) ; Задание номера X и запись его в P11
TEST GE P1,TipB1,Met15 ; Все ли типы блоков?
Met12 TERMINATE 1

```

Вариант 6

Постановка задачи

Предприятие имеет n_1 цехов, производящих n_1 типов блоков, т. е. каждый цех производит блоки одного типа. Интервалы выпуска блоков T_1, T_2, \dots, T_{n_1} – случайные. Из n_1 блоков собирается одно изделие.

Перед сборкой каждый тип блоков проверяется на $n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1n}$ соответствующих постах. Длительности контроля одного соответствующего блока $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$ – случайные. На каждом посту бракуется $q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1n}$ % блоков соответственно. Эти блоки в дальнейшем процессе сборки не участвуют и удаляются с постов контроля.

Прошедшие контроль, т. е. не забракованные блоки поступают на один из n_2 пунктов сборки. На каждом пункте сборки одновременно собирается только одно изделие. Сборка начинается только тогда, когда имеются все необходимые n_1 блоков различных типов. Время сборки T_c случайное.

После сборки изделие поступает на один из n_3 стендов выходного контроля. На одном стенде одновременно проверяется только одно изделие. Время проверки T_p случайное. По результатам проверки бракуется q_2 % изделий.

Забракованное изделие направляется в цех сборки, где неработоспособные блоки заменяются новыми. Время замены T_c случайное. После замены блоков изделие вновь поступает на один из стендов выходного контроля.

Прошедшие стенд выходного контроля изделия поступают в отдел военной приемки. Время приемки $T_{пр}$ одного изделия случайное. По результатам приемки бракуется q_4 % изделий, которые направляются вновь на стенд выходного контроля.

Принятые военной приемкой изделия направляются на склад.

Исходные данные

```

n1 = 4;      Rav(T1, To1) = Rav(19, 6);      Exp(T2) = Exp(14);
              Rav(T3, To3) = Rav(15, 8);      Exp(T4) = Exp(17);
n11 = 3;     q11 = 2;                        Rav(T11, To11) = Rav(12, 6);
n12 = 2;     q12 = 3;                        Exp(T12) = Exp(16);
n13 = 2;     q13 = 4;      Exp(T13) = Exp(21);      Exp(T14) = Exp(17);
n2 = 2;      Nor(Tc, Toc) = Nor(22, 2);
n3 = 2;      Exp(Tp) = Exp(15);
q2 = 5;      Nor(Tпр, Топр) = Nor(18, 2);
q4 = 3.

```

Значения $T_1, T_2, T_3, T_4, T_c, T_p$ исследователь устанавливает самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,1$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,95$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования предприятия. Исследовать влияние интервалов выпуска блоков из цехов (Т1, Т2, Т3, Т4), времени сборки (Тс) и проверки (Тп) на стенде выходного контроля на количество и среднее время подготовки изделий, принятых военной приемкой в течение недели (48 часов).

Сделать выводы о загруженности подразделений предприятия и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

Программа модели

```
; Вариант 6
; Модель функционирования предприятия
; Замена имен МКУ номерами
Kontr1 EQU 1 ; Замена имен МКУ номерами
Kontr2 EQU 2 ; Замена имен МКУ номерами
Kontr3 EQU 3 ; Замена имен МКУ номерами
Kontr4 EQU 4 ; Замена имен МКУ номерами
; Задание исходных данных
q11_ EQU 0.02 ; Доля забракованных блоков на постах n11
q12_ EQU 0.03 ; Доля забракованных блоков на постах n12
q13_ EQU 0.04 ; Доля забракованных блоков на постах n13
q14_ EQU 0.06 ; Доля забракованных блоков на постах n14
q2_ EQU 0.05 ; Доля забракованных изделий на пункте выходного контроля
q4_ EQU 0.03 ; Доля забракованных изделий военной приемкой
TipB1 EQU ; Мах количество типов блоков, изготавливаемых цехами
VrMod EQU 2880 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 мин
T1_ EQU 19 ; Средний интервал выпуска блоков типа 1
T01_ EQU 6 ; Стандартное отклонение времени выпуска блоков типа 1
T2_ EQU 11 ; Средний интервал выпуска блоков типа 2
T3_ EQU 15 ; Средний интервал выпуска блоков типа 3
T03_ EQU 8 ; Стандартное отклонение времени выпуска блоков типа 3
T4_ EQU 18 ; Средний интервал выпуска блоков типа 4
T11_ EQU 12 ; Среднее время контроля на постах n11
T011_ EQU 6 ; Стандартное отклонение времени контроля на постах n11
T12_ EQU 16 ; Среднее время контроля на постах n12
T13_ EQU 21 ; Среднее время контроля на постах n13
T14_ EQU 17 ; Среднее время контроля на постах n14
Tc_ EQU 22 ; Среднее время сборки изделия
T0c_ EQU 2 ; Стандартное отклонение времени сборки изделия
Tp_ EQU 15 ; Среднее время проверки изделия
Tpr_ EQU 18 ; Среднее время приема изделия
T0pr_ EQU 2 ; Стандартное отклонение времени приема изделия
; Задание количества пунктов сборки и контроля
Sbor STORAGE 2 ; Количество пунктов сборки
Kontr1 STORAGE 3 ; Количество постов n11
Kontr2 STORAGE 2 ; Количество постов n12
Kontr3 STORAGE 2 ; Количество постов n13
Kontr4 STORAGE 2 ; Количество постов n14
Kontsb STORAGE 2 ; Количество пунктов сборки
; Сегмент имитации работы цеха 1 без постов контроля
GENERATE T1_,T01_
ASSIGN 1,1 ; Код 1 в параметре 1 транзакта - тип 1 блока
ASSIGN 2,((T11_-T011_)+2#T011_#(RN27/1000)) ; Розыгрыш времени контроля и
запись в P2
ASSIGN 9,q11_ ; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
TRANSFER ,Met1
; Сегмент имитации работы цеха 2 без постов контроля
```

```

GENERATE (Exponential(32,0,T2_))
ASSIGN 1,2 ; Код 2 в параметре 1 транзакта - тип 2 блока
ASSIGN 2,(Exponential(23,0,T12_)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в P2
ASSIGN 9,q12_ ; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
TRANSFER ,Met1

; Сегмент имитации работы цеха 3 без постов контроля
GENERATE T3_,T03_
ASSIGN 1,3 ; Код 3 в параметре 1 транзакта - тип 3 блока
ASSIGN 2,(Exponential(22,0,T13_)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в P2
ASSIGN 9,q13_ ; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
TRANSFER ,Met1

; Сегмент имитации работы цеха 4 без постов контроля
GENERATE (Exponential(32,0,T4_))
ASSIGN 1,4 ; Код 4 в параметре 1 транзакта - тип 4 блока
ASSIGN 2,(Exponential(22,0,T14_)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в P2
ASSIGN 9,q14_ ; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля

; Сегмент имитации работы постов контроля блоков
Met1 QUEUE P1 ; Встать в очередь с номером в P1
ENTER P1 ; Занять МКУ с номером в P1
DEPART P1 ; Покинуть очередь с номером в P1
ADVANCE P2 ; Имитация контроля с временем в P2
LEAVE P1 ; Освободить МКУ с номером в P1
ASSIGN 10,0 ; Подготовка к циклу
Met21 ASSIGN 10+,1 ; Начало цикла по числу типов блоков
TEST E P10,P1,Met21 ; Какой тип блока подготовлен?
TRANSFER P9,,Met14 ; Отправить брак блоков к Met14
LINK P1,FIFO ; Готовые блоки на склад с номером в P1

; Сегмент имитации сборки изделий
GENERATE ,,,1
Met3 ASSIGN 1,0 ; Подготовка к циклу
Met13 ASSIGN 1+,1 ; Начало цикла по числу типов блоков
TEST L P1,TipB1,Met4 ; Все ли типы блоков?
TEST NE CH*1,0 ; Есть на складе готовые блоки?
UNLINK P1,Term5,1 ; Да
TEST G P1,TipB1,Met13 ; Блоки всех типов есть? Если да, то
Met4 UNLINK P1,Met5,1 ; Отправить блоки на сборку
TRANSFER ,Met3 ; Вернуться для проверки наличия всех типов блоков
для следующего изделия
Met5 QUEUE Sborka ; Занять очередь на пункты сборки
ENTER Sbor ; Занять пункт сборки
DEPART Sborka ; Освободить очередь на пункт сборки
ADVANCE (Normal(15,Tc_,T0c_)) ; Имитация сборки
LEAVE Sbor ; Освободить пункт сборки

; Сегмент имитации работы стендов выходного контроля
Met9 QUEUE KontSbor ; Занять очередь на стенд выходного контроля
ENTER Kontsb ; Занять стенд выходного контроля
DEPART KontSbor ; Освободить очередь на стенд выходного контроля
ADVANCE (Exponential(11,0,Tr_)) ; Имитация работы стенда выходного контроля
LEAVE Kontsb ; Освободить стенд выходного контроля
TRANSFER q2_,,Met5 ; Направить в военную приемку, а брак - на замену на пункт
сборки
; Сегмент имитации работы военной приемки
QUEUE Ovpr ; Занять очередь в военную приемку
SEIZE Konvpr ; Занять военную приемку
DEPART Ovpr ; Освободить очередь в военную приемку
ADVANCE (Normal(11,Tpr_,T0pr_)) ; Имитация работы военной приемки
RELEASE Konvpr ; Освободить военную приемку
TRANSFER q4_,,Met9 ; Готовые изделия - на склад

; Сегмент счета блоков и изделий

```

```

Term7      TERMINATE                ; Количество готовых изделий
Met14      SAVEVALUE P1+,1          ; Количество забракованных блоков всех типов
          TERMINATE
Term5      TERMINATE

; Задание времени моделирования и расчет результатов моделирования
GENERATE   Vrmod                    ; Задание времени моделирования
TEST L    X$prog,TG1,Met10 ; Если X$Prog < содержимого счетчика завершений, то
SAVEVALUE prog,TG1 ; записать в X$Prog содержимое счетчика завершений
Met10     TEST E    TG1,1,Met12    ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то
расчет результатов моделирования
SAVEVALUE Kolizd, (INT(N$Term7/X$prog)) ; Количество готовых изделий
ASSIGN    1,0                      ; Подготовка к циклу
Met15     ASSIGN   1+,1            ; Начало цикла по числу типов блоков
SAVEVALUE (10+P1), (INT(CH*1/X$Prog)) ; Количество готовых блоков всех типов,
оставшихся на складах
SAVEVALUE P1, (INT(X*1/X$Prog)) ; Количество забракованных блоков всех типов
ASSIGN    11, (20+P1)              ; Задание номера X и запись его в P11
TEST GE   P1,TipB1,Met15          ; Все ли типы блоков?
SAVEVALUE TIzd, ((AC1/X$Prog)/X$Kolizd); Среднее время подготовки одного изделия
Met12     TERMINATE 1

```

Вариант 7

Постановка задачи

Предприятие имеет n_1 цехов, производящих n_1 типов блоков, т. е. каждый цех производит блоки одного типа. Интервалы выпуска блоков T_1, T_2, \dots, T_{n_1} – случайные. Из n_1 блоков собирается одно изделие.

Перед сборкой каждый тип блоков проверяется на $n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1n}$ соответствующих постах. Длительности контроля одного соответствующего блока $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$ – случайные. На каждом посту бракуется $q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1n}$ % блоков соответственно. Эти блоки в дальнейшем процессе сборки не участвуют и удаляются с постов контроля.

Прошедшие контроль, т. е. не забракованные блоки поступают на один из n_2 пунктов сборки. На каждом пункте сборки одновременно собирается только одно изделие. Сборка начинается только тогда, когда имеются все необходимые n_1 блоков различных типов. Время сборки T_c случайное.

После сборки изделие поступает на один из n_3 стендов выходного контроля. На одном стенде одновременно проверяется только одно изделие. Время проверки T_p случайное. По результатам проверки бракуется q_2 % изделий.

Забракованное изделие направляется в цех сборки, где неработоспособные блоки заменяются новыми. Время замены T_c случайное. После замены блоков изделие вновь поступает на один из стендов выходного контроля.

Прошедшие стенд выходного контроля изделия поступают в отдел военной приемки. Время приемки $T_{пр}$ одного изделия случайное. По результатам приемки бракуется q_4 % изделий, которые направляются вновь на стенд выходного контроля.

Принятые военной приемкой изделия направляются на склад.

Исходные данные

```

n1 = 4;          Rav(T1, To1) = Rav(19, 6);      Exp(T2) = Exp(14);
                Rav(T3, To3) = Rav(15, 8);      Exp(T4) = Exp(17);
n11 = 3;        q11 = 2;                          Rav(T11, To11) = Rav(12, 6);
n12 = 2;        q12 = 3;                          Exp(T12) = Exp(16);
n13 = 2;        q13 = 4;      Exp(T13) = Exp(21);  Exp(T14) = Exp(17);
n2 = 2;        Nor(Tc, Toc) = Nor(22, 2);

```

n3 = 2; Exp(Tп) = Exp(15);
q2 = 5; Nor(Tпр, Топр) = Nor(18, 2);
q4 = 3.

Значения T1, T2, T3, T4 и законы их распределения и q11 = q13, q12 = q14 исследователь устанавливает самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,1$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,95$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования предприятия. Исследовать влияние интервалов выпуска блоков из цехов (T1, T2, T3, T4) и их качества (q11, q12, q13, q14) на время выпуска принятых военной приемкой 100 изделий.

Сделать выводы о загруженности подразделений предприятия и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

Программа модели

; Вариант 7

; Модель функционирования предприятия

; Замена имен MKY номерами

Kontr1 EQU 1 ; Замена имен MKY номерами

Kontr2 EQU 2 ; Замена имен MKY номерами

Kontr3 EQU 3 ; Замена имен MKY номерами

Kontr4 EQU 4 ; Замена имен MKY номерами

; Задание исходных данных

q11_ EQU 0.02 ; Доля забракованных блоков на постах

q12_ EQU 0.03 ; Доля забракованных блоков на постах n12

q13_ EQU 0.04; Доля забракованных блоков на постах n13

q14_ EQU 0.06; Доля забракованных блоков на постах n14

q2_ EQU 0.05; Доля забракованных изделий на пункте выходного контроля

q4_ EQU 0.03; Доля забракованных изделий военной приемкой

TipB1 EQU 4; Мах количество типов блоков, изготавливаемых цехами

VrMod EQU 2880; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 мин

T1_ EQU 19; Средний интервал выпуска блоков типа 1

T01_ EQU 6; Стандартное отклонение времени выпуска блоков типа 1

T2_ EQU 11; Средний интервал выпуска блоков типа 2

T3_ EQU 15; Средний интервал выпуска блоков типа 3

T03_ EQU 8; Стандартное отклонение времени выпуска блоков типа 3

T4_ EQU 18; Средний интервал выпуска блоков типа 4
T11_ EQU 12; Среднее время контроля на постах n11
T011_ EQU 6; Стандартное отклонение времени контроля на постах n11
T12_ EQU 16; Среднее время контроля на постах n12
T13_ EQU 21; Среднее время контроля на постах n13
T14_ EQU 17; Среднее время контроля на постах n14
Tс_ EQU 2; Среднее время сборки изделия
T0с_ EQU 2; Стандартное отклонение времени сборки изделия
Tp_ EQU 15; Среднее время проверки изделия
Tpr_ EQU 18; Среднее время приема изделия
T0pr_ EQU 2; Стандартное отклонение времени приема изделия
N_ EQU 100; Количество изделий, которое необходимо подготовить

; Задание количества пунктов сборки и контроля

Sbor STORAGE 2 ; Количество пунктов сборки
Kontr1 STORAGE 3 ; Количество постов n11
Kontr2 STORAGE 2 ; Количество постов n12
Kontr3 STORAGE 2 ; Количество постов n13
Kontr4 STORAGE 2 ; Количество постов n14
Kontsb STORAGE 2 ; Количество пунктов сборки

;Сегмент имитации работы цеха 1 без постов контроля

GENERATE T1_,T01_
ASSIGN 1,1; Код 1 в параметре 1 транзакта - тип 1 блока
ASSIGN 2,((T11_-T011_)+2#T011_#(RN27/1000)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в P2
ASSIGN 9,q11_; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
TRANSFER ,Met1

; Сегмент имитации работы цеха 2 без постов контроля

GENERATE (Exponential(32,0,T2_))
ASSIGN 1,2; Код 2 в параметре 1 транзакта - тип 2 блока
ASSIGN 2,(Exponential(23,0,T12_)); Розыгрыш времени контроля и запись в P2
ASSIGN 9,q12_; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
TRANSFER ,Met1

; Сегмент имитации работы цеха 3 без постов контроля

GENERATE T3_,T03_
ASSIGN 1,3; Код 3 в параметре 1 транзакта - тип 3 блока
ASSIGN 2,(Exponential(22,0,T13_)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в P2
ASSIGN 9,q13_; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
TRANSFER ,Met1

; Сегмент имитации работы цеха 4 без постов контроля

GENERATE (Exponential(32,0,T4_))
ASSIGN 1,4; Код 4 в параметре 1 транзакта - тип 4 блока
ASSIGN 2,(Exponential(22,0,T14_)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в P2

```

ASSIGN      9,q14_ ; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
; Сегмент имитации работы постов контроля блоков

Met1       QUEUE      P1           ; Встать в очередь с номером в P1
           ENTER      P1           ; Занять МКУ с номером в P1
           DEPART     P1           ; Покинуть очередь с номером в P1
           ADVANCE    P2           ; Имитация контроля с временем в P2
           LEAVE      P1           ; Освободить МКУ с номером в P1
           ASSIGN     10,0         ; Подготовка к циклу
Met21      ASSIGN     10+,1        ; Начало цикла по числу типов блоков
           TEST E     P10,P1,Met21 ; Какой тип блока подготовлен?
           TRANSFER   P9,,Met14   ; Отправить брак блоков к Met14
           LINK       P1,FIFO      ; Готовые блоки на склад с номером в P1

; Сегмент имитации сборки изделий

Met3       GENERATE   ,, ,1
Met3       ASSIGN     1,0          ; Подготовка к циклу
Met13      ASSIGN     1+,1         ; Начало цикла по числу типов блоков
           TEST L     P1,TipB1,Met4 ; Все ли типы блоков?
           TEST NE    CH*1,0       ; Есть на складе готовые блоки?
           UNLINK     P1,Term5,1   ; Да
           TEST G     P1,TipB1,Met13 ; Блоки всех типов есть? Если да, то
Met4       UNLINK     P1,Met5,1    ; отправить блоки на сборку
           TRANSFER   ,Met3        ; Вернуться для проверки наличия всех типов блоков
для следующего изделия

Met5       QUEUE      Sboraka      ; Занять очередь на пункты сборки
           ENTER      Sbor         ; Занять пункт сборки
           DEPART     Sboraka      ; Освободить очередь на пункт сборки
           ADVANCE    (Normal(15,Tc_,T0c_)) ; Имитация сборки
           LEAVE      Sbor         ; Освободить пункт сборки

; Сегмент имитации работы стендов выходного контроля

Met9       QUEUE      KontSbor     ; Занять очередь на стенд выходного контроля
           ENTER      Kontsb       ; Занять стенд выходного контроля
           DEPART     KontSbor; Освободить очередь на стенд выходного контроля
           ADVANCE    (Exponential(11,0,Tr_)) ; Имитация работы стенда выходного контроля
           LEAVE      Kontsb       ; Освободить стенд выходного контроля
           TRANSFER   q2_,,Met5 ; Направить в военную приемку, а брак-на замену на пункт
сборки

; Сегмент имитации работы военной приемки

           QUEUE      Ovpr         ; Занять очередь в военную приемку
           SEIZE      Konvpr       ; Занять военную приемку
           DEPART     Ovpr         ; Освободить очередь в военную приемку
           ADVANCE    (Normal(11,Trpr_,T0pr_)) ; Имитация работы военной приемки
           RELEASE    Konvpr       ; Освободить военную приемку
           TRANSFER   q4_,,Met9   ; Готовые изделия - на склад

; Сегмент организации завершения моделирования и расчета результатов моделирования

           TEST L     X$Prog,TG1,Met10 ; Если X$Prog< содержимого счетчика завершений, то
           SAVEVALUE Prog,TG1 ; записать в X$Prog содержимое счетчика завершений
           SAVEVALUE NIZd,0
Met10      SAVEVALUE NIZd+,1; Счет количества принятых военной приемкой изделий
           TEST E     X$NIZd,N_,Term5 ; Если принято N_ изделий, зафиксировать один прогон
           TEST E     TG1,1,Met12  ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то
расчет результатов моделирования
           ASSIGN     1,0          ; Подготовка к циклу
Met15      ASSIGN     1+,1         ; Начало цикла по числу типов блоков

```

SAVEVALUE (10+P1), (INT(CH*1/X\$Prog)) ; Количество готовых блоков всех типов, оставшихся на складах

SAVEVALUE P1, (INT(X*1/X\$Prog)); Количество забракованных блоков всех типов
ASSIGN 11, (20+P1) ; Задание номера X и запись его в P11
TEST GE P1, TipB1, Met15 ; Все ли типы блоков?
SAVEVALUE T1zd, ((AC1/X\$Prog)/60); Время подготовки N_ изделий, час
SAVEVALUE ST1zd, ((X\$T1zd/N_)#60); Среднее время подготовки одного изделия, мин
Met12 SAVEVALUE N1zd, 0; Обнуление X\$N1zd
TERMINATE 1
Met14 SAVEVALUE P1+, 1; Количество забракованных блоков всех типов
TERMINATE
Term5 TERMINATE ; Вывод вспомогательных транзактов

Вариант 8

Постановка задачи

Предприятие имеет n_1 цехов, производящих n_1 типов блоков, т. е. каждый цех производит блоки одного типа. Интервалы выпуска блоков T_1, T_2, \dots, T_{n_1} – случайные. Из n_1 блоков собирается одно изделие.

Перед сборкой каждый тип блоков проверяется на $n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1n}$ соответствующих постах. Длительности контроля одного соответствующего блока $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$ – случайные. На каждом посту бракуется $q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1n}$ % блоков соответственно. Эти блоки в дальнейшем процессе сборки не участвуют и удаляются с постов контроля.

Прошедшие контроль, т. е. не забракованные блоки поступают на один из n_2 пунктов сборки. На каждом пункте сборки одновременно собирается только одно изделие. Сборка начинается только тогда, когда имеются все необходимые n_1 блоков различных типов. Время сборки T_c случайное.

После сборки изделие поступает на один из n_3 стендов выходного контроля. На одном стенде одновременно проверяется одно изделие. Время проверки T_p случайное. По результатам проверки бракуется q_2 % изделий. Причиной брака может быть от одного до q_3 блоков.

Забракованное изделие направляется в цех сборки, где неработоспособные блоки заменяются новыми. Время замены T_3 одного блока случайное. После замены блоков изделие вновь поступает на один из стендов выходного контроля. Блоки, которые были заменены только один раз, вновь направляются на соответствующие посты входного контроля. Блоки, замененные более одного раза, в дальнейшем процессе сборки изделия не участвуют и удаляются.

Прошедшие стенд выходного контроля изделия поступают в отдел военной приемки. Время приемки $T_{пр}$ одного изделия случайное. По результатам приемки бракуется q_4 % изделий, которые направляются вновь на стенд выходного контроля. Принятые военной приемкой изделия направляются на склад.

Исходные данные

$n_1 = 3$; Exp(T_1) = Exp(22); Rav(T_2, T_{o2}) = Rav(18, 4);
Rav(T_3, T_{o3}) = Rav(27, 5);
 $n_{11} = 2$; Exp(T_{11}) = Exp(7); $n_{12} = 2$; Rav(T_{12}, T_{o12}) = Rav(9, 3);
 $n_{13} = 2$; Exp(T_{13}) = Exp(10);
 $n_2 = 2$; Nor(T_c, T_{oc}) = Nor(18, 2); $n_3 = 2$; Nor(T_p, T_{op}) = Nor(12, 2);
 $q_3 = 2$; Exp(T_3) = Exp(12); Nor($T_{пр}, T_{опр}$) = Nor(15, 2).

Величины брака q_{11}, q_{12}, q_{13} для n_{11}, n_{12}, n_{13} соответственно, q_2 и q_4 исследователь устанавливает самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 1$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования предприятия. Исследовать влияние качества изготовления блоков q_{11} , q_{12} , q_{13} на количество принятых военной приемкой изделий в течение недели (48 часов).

Сделать выводы о загруженности подразделений предприятия и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

Программа модели

; Вариант 8

; Модель функционирования предприятия

; Изделия, забракованные на стендах выходного контроля из-за нескольких типов ;блоков, направляются на пункты сборки, где блоки заменяются.

; После замены блоков изделие направляется на стенды выходного контроля,

; блоки, прошедшие первичную замену, направляются на посты контроля цехов, а ;прошедшие вторичную замену - бракуются.

; После военной приемки изделие вновь направляется на стенды выходного кон;троля.

; Замена имен MKU номерами

| | | | |
|---------------------------|-----|-------|---|
| Kontr1 | EQU | 1 | ; Замена имен MKU номерами |
| Kontr2 | EQU | 2 | ; Замена имен MKU номерами |
| Kontr3 | EQU | 3 | ; Замена имен MKU номерами |
| ; Задание исходных данных | | | |
| q11_ | EQU | 0.01 | ; Доля забракованных блоков на постах n11 |
| q12_ | EQU | 0.03 | ; Доля забракованных блоков на постах n12 |
| q13_ | EQU | 0.05 | ; Доля забракованных блоков на постах n13 |
| q2_ | EQU | 0.05; | Доля забракованных изделий на пункте выходного контроля |
| q4_ | EQU | 0.05; | Доля забракованных изделий военной приемкой |
| q3_ | EQU | 2; | Мак количество блоков в изделии для замены после контроля |
| TipB1 | EQU | 3; | Мак количество типов блоков, изготавливаемых цехами |
| VrMod | EQU | 288; | Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 мин |
| T1_ | EQU | 22 | ; Средний интервал выпуска блоков типа 1 |
| T2_ | EQU | 18 | ; Средний интервал выпуска блоков типа 2 |
| T02_ | EQU | 4; | Стандартное отклонение времени выпуска блоков типа 2 |
| T3_ | EQU | 27 | ; Средний интервал выпуска блоков типа 3 |
| T03_ | EQU | 5; | Стандартное отклонение времени выпуска блоков типа 3 |
| T11_ | EQU | 7 | ; Среднее время контроля на постах n11 |
| T12_ | EQU | 9 | ; Среднее время контроля на постах n12 |
| T012_ | EQU | 3; | Стандартное отклонение времени контроля на постах n12 |
| T13_ | EQU | 10 | ; Среднее время контроля на постах n13 |
| Tc_ | EQU | 18 | ; Среднее время сборки изделия |
| T0c_ | EQU | 2; | Стандартное отклонение времени сборки изделия |
| Tr_ | EQU | 18 | ; Среднее время проверки изделия |
| T0p_ | EQU | 2; | Стандартное отклонение времени проверки изделия |
| Tz_ | EQU | 12; | Время замены одного забракованного блока |
| Tpr_ | EQU | 15 | ; Среднее время приема изделия |
| T0pr_ | EQU | 2; | Стандартное отклонение времени приема изделия |

; Задание количества пунктов сборки и контроля

| | | | |
|--------|---------|---|-----------------------------|
| Sbor | STORAGE | 2 | ; Количество пунктов сборки |
| Kontr1 | STORAGE | 2 | ; Количество постов n11 |
| Kontr2 | STORAGE | 2 | ; Количество постов n12 |
| Kontr3 | STORAGE | 2 | ; Количество постов n13 |
| Kontsb | STORAGE | 2 | ; Количество пунктов сборки |

;Сегмент имитации работы цеха 1 без постов контроля

GENERATE (Exponential(32,0,T1_))

ASSIGN 1,1; Код 1 в параметре 1 транзакта - тип 1 блока

```

P2      ASSIGN      2, (Exponential(23,0,T11_))      ; Розыгрыш времени контроля и запись в
ASSIGN      9,q11_ ; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
TRANSFER    ,Met1

; Сегмент имитации работы цеха 2 без постов контроля
GENERATE    T2_,T02_
ASSIGN      1,2; Код 2 в параметре 1 транзакта - тип 2 блока
ASSIGN      2, ((T12_-T012_)+2#T012_#(RN27/1000)) ; Розыгрыш времени контроля и
запись в P2
ASSIGN      9,q12_ ; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
TRANSFER    ,Met1

; Сегмент имитации работы цеха 3 без постов контроля
GENERATE    T3_,T03_
ASSIGN      1,3; Код 3 в параметре 1 транзакта - тип 3 блока
ASSIGN      2, (Exponential(22,0,T13_))      ; Розыгрыш времени контроля и запись в
P2
ASSIGN      9,q13_ ; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля

; Сегмент имитации работы постов контроля блоков
Met1       QUEUE     P1          ; Встать в очередь с номером в P1
           ENTER     P1          ; Занять МКУ с номером в P1
           DEPART    P1          ; Покинуть очередь с номером в P1
           ADVANCE   P2          ; Имитация контроля с временем в P2
           LEAVE     P1          ; Освободить МКУ с номером в P1
           ASSIGN    10,0        ; Подготовка к циклу
Met21      ASSIGN    10+,1       ; Начало цикла по числу типов блоков
           TEST E     P10,P1,Met21 ; Какой тип блока подготовлен?
           TRANSFER  P9,,Met14   ; Отправить брак блоков к Met14
           LINK      P1,FIFO     ; Готовые блоки на склад с номером в P1

; Сегмент имитации сборки изделий
Met3       GENERATE  ,,1
Met13      ASSIGN    1,0          ; Подготовка к циклу
Met13      ASSIGN    1+,1        ; Начало цикла по числу типов блоков
           TEST L     P1,TipB1,Met4
           TEST NE    CH*1,0      ; Есть на складе готовые блоки?
           UNLINK    P1,Term5,1   ; Да
           TEST G     P1,TipB1,Met13 ; Блоки всех типов есть? Если да, то
Met4       UNLINK    P1,Met5,1   ; отправить блоки на сборку
           TRANSFER  ,Met3        ; Вернуться для проверки наличия всех типов блоков
для следующего изделия
Met5       QUEUE     Sborка       ; Занять очередь на пункты сборки
           ENTER     Sbor         ; Занять пункт сборки
           DEPART    Sborка       ; Освободить очередь на пункт сборки
           ADVANCE   (Normal(15,Tc_,T0c_)) ; Имитация сборки
           LEAVE     Sbor         ; Освободить пункт сборки

; Сегмент имитации работы станков выходного контроля
Met9       QUEUE     KontSbor     ; Занять очередь на станд выходного контроля
           ENTER     Kontsb       ; Занять станд выходного контроля
           DEPART    KontSbor; Освободить очередь на станд выходного контроля
           ADVANCE   (Normal(11,Tr_,T0p_)) ; Имитация работы станда выходного контроля
           LEAVE     Kontsb       ; Освободить станд выходного контроля
           TRANSFER  q2_,,Met6; Направить в военную приемку, а брак-на замену
; Сегмент имитации работы военной приемки
           QUEUE     Ovpr         ; Занять очередь в военную приемку
           SEIZE     Konvpr       ; Занять военную приемку
           DEPART    Ovpr         ; Освободить очередь в военную приемку
           ADVANCE   (Normal(11,Trpr_,T0pr_)) ; Имитация работы военной приемки
           RELEASE   Konvpr       ; Освободить военную приемку
           TRANSFER  q4_,,Met9    ; Готовые изделия-на склад
; Сегмент счета блоков и изделий

```

```

Term7      TERMINATE                ; Количество готовых изделий
Met14      SAVEVALUE P1+,1; Количество забракованных блоков всех типов
           TERMINATE

; Сегмент имитации замены блоков на пунктах сборки
;         Определение количества блоков, подлежащих замене
Met6       ASSIGN      6, (RN713/1000) ; Обращение к RN и запись в P6
           ASSIGN      3,0 ; Подготовка к циклу
Met7       ASSIGN      3+,1; Начало цикла по количеству блоков, подлежащих замене
           TEST LE     P6, (P3#(1/q3_)),Met7 ; Если условие выполняется, то
           ASSIGN      5,P3 ; занести в P5 количество блоков, подлежащих замене

;         Определение типов блоков, подлежащих замене, и имитация их замены на пунктах
сборки
Met11      ASSIGN      7,0 ; Подготовка к внешнему циклу по числу блоков, подлежащих замене
           ASSIGN      7+,1 ; Начало внешнего цикла по числу блоков, подлежащих замене
           ASSIGN      6, (RN73/1000) ; Обращение к RN и запись в P6
           ASSIGN      3,0 ; Подготовка к внутреннему циклу по числу типов блоков
Met8       ASSIGN      3+,1; Начало внутреннего цикла по числу типов блоков
           TEST LE     P6, (P3#(1/TipB1)),Met8 ; Если условие выполняется, то тип блока оп-
ределен и он в P3
Met17      ASSIGN      4,0; Подготовка к циклу по числу типов блоков
           ASSIGN      4+,1 ; Начало цикла по числу типов блоков
           TEST E      P3,P4,Met17 ; При выполнении условия тип блока определен
           TEST NE     CH*3,0 ; Есть ли готовые блоки этого типа? Если есть,
           ASSIGN      6, (Exponential(47,0,Tz_)) ; Разыграть время замены блока
           PRIORITY    1 ; Дать более высокий приоритет
           QUEUE       Sboroka ; Встать в очередь на пункты сборки
           ENTER       Sbor ; Занять пункт сборки
           DEPART      Sboroka ; Покинуть очередь на пункты сборки
           ADVANCE     P6 ; Замена блока
           LEAVE       Sbor ; Освободить пункт сборки
           UNLINK      P3,Met19,1 ; Замененный блок
Met16      TEST GE     P7,P5,Met11 ; Если условие выполняется, то все типы блоков заменены
           TRANSFER    ,Met9 ; Направить изделие после замены блоков на стенды выходного
контроля
Met19      ASSIGN      8+,1 ; Код 1 - признак того, что этот блок один раз был
отправлен на посты контроля цеха
           TEST E      P8,2,Met1 ; Если код 1, направить замененный блок на посты
контроля цеха
Met20      ASSIGN      10, (20+P1)
           SAVEVALUE   P10+,1 ; Запись признака первой замены блока
           TERMINATE    ; Блоки с кодом 2, т. е. вторично, не направляются
на посты контроля цеха
Term5      TERMINATE

; Задание времени моделирования и расчет результатов моделирования
GENERATE   Vrmod ; Задание времени моделирования
TEST L     X$prog,TG1,Met10 ; Если X$Prog< содержимого счетчика заверше-
ний, то
SAVEVALUE  prog,TG1 ; записать в X$Prog содержимое счетчика завершений
Met10     TEST E      TG1,1,Met12 ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то
рассчитать результаты моделирования
SAVEVALUE  Kolizd, (INT(N$Term7/X$prog)) ; Количество готовых изделий
ASSIGN     1,0 ; Подготовка к циклу
Met15     ASSIGN      1+,1 ; Начало цикла по числу типов блоков
SAVEVALUE  (10+P1), (INT(CH*1/X$Prog)) ; Количество готовых блоков всех типов,
оставшихся на складах
SAVEVALUE  P1, (INT(X*1/X$Prog)) ; Количество забракованных блоков всех типов
TEST GE    P1,TipB1,Met15
Met12     TERMINATE 1

```

Вариант 9

Постановка задачи

Предприятие имеет n_1 цехов, производящих n_1 типов блоков, т. е. каждый цех производит блоки одного типа. Интервалы выпуска блоков T_1, T_2, \dots, T_{n_1} – случайные. Из n_1 блоков собирается одно изделие.

Перед сборкой каждый тип блоков проверяется на $n_{11}, n_{12}, \dots, n_{1n}$ соответствующих постах. Длительности контроля одного соответствующего блока $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$ – случайные. На каждом посту бракуется $q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1n}$ % блоков соответственно. Эти блоки в дальнейшем процессе сборки не участвуют и удаляются с постов контроля.

Прошедшие контроль, т. е. не забракованные блоки поступают на один из n_2 пунктов сборки. На каждом пункте сборки одновременно собирается только одно изделие. Сборка начинается только тогда, когда имеются все необходимые n_1 блоков различных типов. Время сборки T_c случайное.

После сборки изделие поступает на один из n_3 стендов выходного контроля. На одном стенде одновременно проверяется одно изделие. Время проверки T_p случайное. По результатам проверки бракуется q_2 % изделий. Причиной брака может быть от одного до q_3 блоков.

Забракованное изделие направляется в цех сборки, где неработоспособные блоки заменяются новыми. Время замены T_z одного блока случайное. После замены блоков изделие вновь поступает на один из стендов выходного контроля. Блоки, которые были заменены только один раз, вновь направляются на соответствующие посты входного контроля. Блоки, замененные более одного раза, в дальнейшем процессе сборки изделия не участвуют и удаляются.

Прошедшие стенд выходного контроля изделия поступают в отдел военной приемки. Время приемки $T_{пр}$ одного изделия случайное. По результатам приемки бракуется q_4 % изделий, которые направляются вновь на стенд выходного контроля.

Принятые военной приемкой изделия направляются на склад.

Исходные данные

$n_1 = 3; \text{Exp}(T_1) = \text{Exp}(22); \text{Rav}(T_2, T_{o2}) = \text{Rav}(18, 4);$
 $\text{Rav}(T_3, T_{o3}) = \text{Rav}(27, 5);$
 $n_{11} = 2; \text{Exp}(T_{11}) = \text{Exp}(7); n_{12} = 2; \text{Rav}(T_{12}, T_{o12}) = \text{Rav}(9, 3);$
 $n_{13} = 2; \text{Exp}(T_{13}) = \text{Exp}(10);$
 $n_2 = 2; \text{Nor}(T_c, T_{oc}) = \text{Nor}(18, 2); n_3 = 2; \text{Nor}(T_p, T_{op}) = \text{Nor}(12, 2);$
 $q_3 = 2; \text{Exp}(T_z) = \text{Exp}(12); \text{Nor}(T_{пр}, T_{опр}) = \text{Nor}(15, 2).$

Величины брака q_{11}, q_{12}, q_{13} для n_{11}, n_{12}, n_{13} соответственно, q_2 и q_4 исследователь устанавливает самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 1$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования предприятия. Исследовать влияние интервалов выпуска блоков из цехов (T_1, T_2, T_3, T_4) и их качества ($q_{11}, q_{12}, q_{13}, q_{14}$) на время выпуска принятых военной приемкой 100 изделий.

Сделать выводы о загруженности подразделений предприятия и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

Программа модели

; Вариант 9

; Модель функционирования предприятия
; Изделия, забракованные на стендах выходного контроля из-за нескольких типов блоков,
; направляются на пункты сборки, где блоки заменяются.
; После замены блоков изделие направляется на стенды выходного контроля,
; блоки, прошедшие первичную замену, направляются на посты контроля цехов, а прошедшие
вторичную замену - бракуются.
; После военной приемки изделие вновь направляется на стенды выходного контроля.
; Замена имен MKY номерами

| | | | |
|--------|-----|---|----------------------------|
| Kontr1 | EQU | 1 | ; Замена имен MKY номерами |
| Kontr2 | EQU | 2 | ; Замена имен MKY номерами |
| Kontr3 | EQU | 3 | ; Замена имен MKY номерами |

; Задание исходных данных

| | | | |
|-------|-----|------|---|
| q11_ | EQU | 0.01 | ; Доля забракованных блоков на постах n11 |
| q12_ | EQU | 0.03 | ; Доля забракованных блоков на постах n12 |
| q13_ | EQU | 0.05 | ; Доля забракованных блоков на постах n13 |
| q2_ | EQU | 0.05 | ; Доля забракованных изделий на пункте выходного контроля |
| q4_ | EQU | 0.05 | ; Доля забракованных изделий военной приемкой |
| q3_ | EQU | 2 | ; Мах количество блоков в изделии для замены после контроля |
| TipB1 | EQU | 3 | ; Мах количество типов блоков, изготавливаемых цехами |
| VrMod | EQU | 2880 | ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 мин |
| T1_ | EQU | 22 | ; Средний интервал выпуска блоков типа 1 |
| T2_ | EQU | 18 | ; Средний интервал выпуска блоков типа 2 |
| T02_ | EQU | 4 | ; Стандартное отклонение времени выпуска блоков типа 2 |
| T3_ | EQU | 27 | ; Средний интервал выпуска блоков типа 3 |
| T03_ | EQU | 5 | ; Стандартное отклонение времени выпуска блоков типа 3 |
| T11_ | EQU | 7 | ; Среднее время контроля на постах n11 |
| T12_ | EQU | 9 | ; Среднее время контроля на постах n12 |
| T012_ | EQU | 3 | ; Стандартное отклонение времени контроля на постах n12 |
| T13_ | EQU | 10 | ; Среднее время контроля на постах n13 |
| Tc_ | EQU | 18 | ; Среднее время сборки изделия |
| T0c_ | EQU | 2 | ; Стандартное отклонение времени сборки изделия |
| Tr_ | EQU | 18 | ; Среднее время проверки изделия |
| T0p_ | EQU | 2 | ; Стандартное отклонение времени проверки изделия |
| Tz_ | EQU | 12 | ; Время замены одного забракованного блока |
| Tpr_ | EQU | 15 | ; Среднее время приема изделия |
| T0pr_ | EQU | 2 | ; Стандартное отклонение времени приема изделия |
| N_ | EQU | 100 | ; Количество изделий, которые должны быть приняты |

; Задание количества пунктов сборки и контроля

| | | | |
|--------|---------|---|-----------------------------|
| Sbor | STORAGE | 2 | ; Количество пунктов сборки |
| Kontr1 | STORAGE | 2 | ; Количество постов n11 |
| Kontr2 | STORAGE | 2 | ; Количество постов n12 |
| Kontr3 | STORAGE | 2 | ; Количество постов n13 |
| Kontsb | STORAGE | 2 | ; Количество пунктов сборки |

; Сегмент имитации работы цеха 1 без постов контроля

```
GENERATE (Exponential(32,0,T1_))
ASSIGN 1,1; Код 1 в параметре 1 транзакта - тип 1 блока
ASSIGN 2,(Exponential(23,0,T11_)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в P2
ASSIGN 9,q11_; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
TRANSFER ,Met1
```

; Сегмент имитации работы цеха 2 без постов контроля

```
GENERATE T2_,T02_
ASSIGN 1,2; Код 2 в параметре 1 транзакта - тип 2 блока
ASSIGN 2,((T12_-T012_)+2#T012_#(RN27/1000)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в P2
ASSIGN 9,q12_; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля
```

```

TRANSFER ,Met1

; Сегмент имитации работы цеха 3 без постов контроля
GENERATE T3_,T03_
ASSIGN 1,3; Код 3 в параметре 1 транзакта - тип 3 блока
ASSIGN 2,(Exponential(22,0,T13_)) ; Розыгрыш времени контроля и запись в P2
ASSIGN 9,q13_; Запись в P9 доли брака блоков после постов контроля

; Сегмент имитации работы постов контроля блоков
Met1 QUEUE P1 ; Встать в очередь с номером в P1
ENTER P1 ; Занять МКУ с номером в P1
DEPART P1 ; Покинуть очередь с номером в P1
ADVANCE P2 ; Имитация контроля с временем в P2
LEAVE P1 ; Освободить МКУ с номером в P1
ASSIGN 10,0 ; Подготовка к циклу
Met21 ASSIGN 10+,1 ; Начало цикла по числу типов блоков
TEST E P10,P1,Met21 ; Какой тип блока подготовлен?
TRANSFER P9,,Met14 ; Отправить брак блоков к Met14
LINK P1,FIFO ; Готовые блоки на склад с номером в P1

; Сегмент имитации сборки изделий
GENERATE ,,,1
Met3 ASSIGN 1,0 ; Подготовка к циклу
Met13 ASSIGN 1+,1 ; Начало цикла по числу типов блоков
TEST L P1,TipB1,Met4
TEST NE CH*1,0 ; Есть на складе готовые блоки?
UNLINK P1,Term5,1 ; Да
TEST G P1,TipB1,Met13 ; Блоки всех типов есть? Если да, то
Met4 UNLINK P1,Met5,1 ; отправить блоки на сборку
TRANSFER ,Met3 ; Вернуться для проверки наличия всех типов блоков
для следующего изделия
Met5 QUEUE Sboraka ; Занять очередь на пункты сборки
ENTER Sbor ; Занять пункт сборки
DEPART Sboraka ; Освободить очередь на пункт сборки
ADVANCE (Normal(15,Tc_,T0c_)) ; Имитация сборки
LEAVE Sbor ; Освободить пункт сборки

; Сегмент имитации работы станков выходного контроля
Met9 QUEUE KontSbor ; Занять очередь на станок выходного контроля
ENTER Kontsb ; Занять станок выходного контроля
DEPART KontSbor; Освободить очередь на станок выходного контроля
ADVANCE (Normal(11,Tr_,T0r_)) ; Имитация работы станка выходного контроля
LEAVE Kontsb ; Освободить станок выходного контроля
TRANSFER q2_,,Met6; Направить в военную приемку, а брак-на замену
; Сегмент имитации работы военной приемки
QUEUE Ovpr ; Занять очередь в военную приемку
SEIZE Konvpr ; Занять военную приемку
DEPART Ovpr ; Освободить очередь в военную приемку
ADVANCE (Normal(11,Trpr_,T0pr_)) ; Имитация работы военной приемки
RELEASE Konvpr ; Освободить военную приемку
TRANSFER q4_,,Met9 ; Готовые изделия-на склад

; Сегмент организации завершения моделирования и расчета результатов моделирования
TEST L X$Prog,TG1,Met10 ; Если X$Prog< содержимого счетчика завершений, то
SAVEVALUE Prog,TG1 ; записать в X$Prog содержимое счетчика завершений
SAVEVALUE Nizd,0
Met10 SAVEVALUE Nizd+,1; Счет количества принятых военной приемкой изделий
TEST E X$Nizd,N_,Term5 ; Если принято N_ изделий, зафиксировать один прогон
TEST E TG1,1,Met12 ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то
расчет результатов моделирования
ASSIGN 1,0 ; Подготовка к циклу
Met15 ASSIGN 1+,1 ; Начало цикла по числу типов блоков
SAVEVALUE (10+P1),(INT(CH*1/X$Prog)) ; Количество готовых блоков всех типов,
оставшихся на складах
SAVEVALUE P1,(INT(X*1/X$Prog)) ; Количество забракованных блоков всех типов

```

```

ASSIGN 11, (20+P1) ; Задание номера X и запись его в P11
TEST GE P1, TipB1, Met15 ; Все ли типы блоков?
SAVEVALUE TIzd, ((AC1/X$Prog)/60) ; Время подготовки N_ изделий, час
SAVEVALUE STIzd, ((X$TIzd/N_)#60) ; Среднее время подготовки одного изделия,
МИН
Met12 SAVEVALUE NIzd, 0 ; Обнуление X$NIzd
TERMINATE 1
Met14 SAVEVALUE P1+, 1; Количество забракованных блоков всех типов
TERMINATE

; Сегмент имитации замены блоков на пунктах сборки
;
Met6 ASSIGN 6, (RN713/1000) ; Обращение к RN и запись в P6
ASSIGN 3, 0 ; Подготовка к циклу
Met7 ASSIGN 3+, 1; Начало цикла по количеству блоков, подлежащих замене
TEST LE P6, (P3#(1/q3_)), Met7 ; Если условие выполняется, то
ASSIGN 5, P3 ; занести в P5 количество блоков, подлежащих замене
; Определение типов блоков, подлежащих замене, и имитация их замены на пунктах сборки
ASSIGN 7, 0 ; Подготовка к внешнему циклу по числу блоков, подлежащих замене
Met11 ASSIGN 7+, 1 ; Начало внешнего цикла по числу блоков, подлежащих замене
ASSIGN 6, (RN73/1000) ; Обращение к RN и запись в P6
ASSIGN 3, 0 ; Подготовка к внутреннему циклу по числу типов блоков
Met8 ASSIGN 3+, 1; Начало внутреннего цикла по числу типов блоков
TEST LE P6, (P3#(1/TipB1)), Met8 ; Если условие выполняется, то тип блока оп-
ределен и он в P3
ASSIGN 4, 0 ; Подготовка к циклу по числу типов блоков
Met17 ASSIGN 4+, 1 ; Начало цикла по числу типов блоков
TEST E P3, P4, Met17 ; При выполнении условия тип блока определен
TEST NE CH*3, 0 ; Есть ли готовые блоки этого типа? Если есть,
ASSIGN 6, (Exponential(47, 0, Tz_)) ; Разыграть время замены блока
PRIORITY 1 ; Дать более высокий приоритет
QUEUE Sborка ; Встать в очередь на пункты сборки
ENTER Sbor ; Занять пункт сборки
DEPART Sborка ; Покинуть очередь на пункты сборки
ADVANCE P6 ; Замена блока
LEAVE Sbor ; Освободить пункт сборки
UNLINK P3, Met19, 1 ; Замененный блок
Met16 TEST GE P7, P5, Met11 ; Если условие выполняется, то все типы блоков заменены
TRANSFER , Met9 ; Направить изделие после замены блоков на стенды выходного
контроля
Met19 ASSIGN 8+, 1 ; Код 1 - признак того, что этот блок один раз был отправлен на
посты контроля цеха
TEST E P8, 2, Met1 ; Если код 1, направить замененный блок на посты контроля
цеха
Met20 ASSIGN 10, (20+P1)
SAVEVALUE P10+, 1 ; Запись признака первой замены блока
TERMINATE ; Блоки с кодом 2, т. е. вторично, не направляются на посты контроля
цеха
Term5 TERMINATE

```

2.3. Модели вычислительного комплекса коммутации сообщений

Вариант 10

Постановка задачи

На вычислительный комплекс коммутации сообщений (ВККС) поступают сообщения от n_1 абонентов с интервалами времени T_1, T_2, \dots, T_{n_1} . Сообщения могут быть n_2 категорий с вероятностями p_1, p_2, \dots, p_{n_2} ($p_1 + p_2 + \dots + p_{n_2} = 1$) и вычислительными сложностями S_1, S_2, \dots, S_{n_2} операций (оп) соответственно. Вычислительные сложности случайные. ВККС имеет входной буфер емкостью L

байт для хранения сообщений, ожидающих передачи. Сообщения 1-й категории обладают относительным приоритетом по отношению к сообщениям остальных категорий при обработке сообщений на ВККС. В буфере сообщения размещаются в соответствии с приоритетом.

ВККС обрабатывает сообщения с производительностью Q оп/с. После обработки сообщения передаются по n_3 каналам связи. Скорость передачи V_p бит/с. Если после обработки сообщения все n_3 канала связи заняты, то обработанное сообщение помещается в буфер, если в нем есть место.

ВККС и каналы связи имеют конечную надежность. Интервалы времени $T_{от1}$ и $T_{от2}$ между отказами ВККС и каналов связи случайные. Длительности восстановления $T_{в1}$ и $T_{в2}$ ВККС и каналов связи случайные. При отказе канала связи передаваемые сообщения 1-й категории сохраняются в буфере. При выходе из строя ВККС с вероятностью P_c все сообщения в буфере сохраняются, а передача сообщений по каналам связи прекращается.

Исходные данные

```

n1 = 3;   Exp(T1) = Exp(2.5);           Rav(T1, To1) = Rav(3.2, 1.2);
          Exp(T3) = Exp(3.1);
          Nor(S1, So1) = Nor(53000, 6100);
          Nor(S2, So2) = Nor(86000, 4500);
          Q=3600 оп/с;
n2 = 2;   p1 = 0.6;   P2 = 0.4;
n3 = 2;   Exp(Tot1) = Exp(3600);       Exp(Tв1) = Exp(3.7);
          Exp(Tot2) = Exp(1800);       Exp(Tв2) = Exp(4.2);
          Pc = 0.7;                     Vп = 5000 бит/с.
    
```

Значения емкостей L_1 и L_2 накопителей, интервалов времени T_1 , T_2 , T_3 и вероятностей P_1 , P_2 исследователь от исходных данных изменяет самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования ВККС. Исследовать влияние емкостей входных накопителей, интервалов времени T_1 , T_2 , T_3 и вероятностей P_1 , P_2 категорий сообщений на вероятность передачи сообщений по категориям и в целом через ВККС в течение двух часов.

Сделать выводы о загруженности элементов ВККС и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

Программа модели

; Вариант 10

;Задание исходных данных

```

VrMod   EQU      7200; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1с
NCan    EQU      2          ; Число каналов
T1_     EQU      132.5; Средний интервал времени поступления сообщений от источника 1
T2_     EQU      165.2; Средний интервал времени поступления сообщений от источника 2
T02_    EQU      13; Среднеквадратическое отклонение интервала времени
; поступления сообщений от источника 2
T3_     EQU      85.1; Средний интервал времени поступления сообщений от источника 3
p1_     EQU      0.6; Вероятность поступления сообщений 1 категории
    
```

S1_ EQU 53000; Среднее значение вычислительной сложности сообщений 1 катего-
 рии, оп (байт)
 S01_ EQU 6100; Среднеквадратическое отклонение вычислительной сложности сооб-
 щений 1 категории
 S2_ EQU 86000; Среднее значение вычислительной сложности сообщений 2 катего-
 рии, оп (байт)
 S02_ EQU 5000; Среднеквадратическое отклонение вычислительной сложности сооб-
 щений 2 категории
 Q_ EQU 3600 ; Производительность ВККС, оп/с
 V_ EQU 5000 ; Скорость передачи, бит/с
 Pс_ EQU 0.7 ; Вероятность потери сообщений при отказе ВККС
 L1_ EQU 2500000 ; Емкость накопителя ВККС, байт
 L2_ EQU 5 ; Емкость накопителя каналов связи
 T0tk1 EQU 3600 ; Среднее время между отказами ВККС
 T0tk2 EQU 1800 ; Среднее время между отказами каналов
 TVost1 EQU 3.7 ; Среднее время восстановления ВККС
 TVost2 EQU 4.2 ; Среднее время восстановления каналов

;Описание арифметических выражений вычисления

DL1 VARIABLE INT(NORMAL(114,S1_,S01_)); Длины (вычислительной сложности) сообщения
 1 категории
 VrPer1 VARIABLE (P2/V_)#8 ; Времени передачи сообщения 1 категории
 DL2 VARIABLE INT(NORMAL(144,S2_,S02_)); Длины (вычислительной сложности) сообще-
 ния 2 категории
 VrPer2 VARIABLE (P2/V_)#8 ; Времени передачи сообщения 2 категории
 VrObr1 VARIABLE P2/Q_ ; Времени обработки сообщения 1 категории
 VrObr2 VARIABLE P2/Q_ ; Времени обработки сообщения 2 категории
 VPerS1 VARIABLE N\$Ter1/(N\$Met01+N\$Met02+N\$Met03) ; Вероятности передачи сообщений 1
 категории
 VPerS2 VARIABLE N\$Ter2/(N\$Met1+N\$Met2+N\$Met3) ; Вероятности передачи сообщений 2 ка-
 тегории
 VPotS1 VARIABLE N\$Ter3/(N\$Met01+N\$Met02+N\$Met03) ; Вероятности потери сообщений 1 ка-
 тегории
 VPotS2 VARIABLE N\$Ter4/(N\$Met1+N\$Met2+N\$Met3) ; Вероятности потери сообщений 2 кате-
 гории

; Сегмент имитации сообщений от абонента 1

GENERATE (Exponential(11,0,T1_)) ; Источник 1 сообщений
 ; Имитации сообщений 1 категории
 ASSIGN 7,0 ; Код в P7 - признак попадания в накопитель ВККС
 TRANSFER p1_,Met01,Met1 ; Розыгрыш поступления сообщений 1 и 2 категорий
 Met01 ASSIGN 1,1 ; Код 1 в P1 - признак 1 категории
 ASSIGN 2,V\$DL1 ; Занесение в P2 длины (вычислительной сложности) сообщения
 ASSIGN 3,V\$VrPer1 ; Занесение в P3 времени передачи сообщения
 ASSIGN 8,V\$VrObr1 ; Занесение в P8 времени обработки сообщения
 PRIORITY 1 ; Сообщению 1 категории - высокий приоритет
 TRANSFER ,Met111 ; Отправить сообщение 1 категории на ВККС

; Имитации сообщений 2 категории

Met1 ASSIGN 1,2 ; Код 2 в P1 - признак 2 категории
 ASSIGN 2,V\$DL2 ; Занесение в P2 длины (вычислительной сложности) сообщения
 ASSIGN 3,V\$VrPer2 ; Занесение в P3 времени передачи сообщения
 ASSIGN 8,V\$VrObr2 ; Занесение в P8 времени обработки сообщения
 TRANSFER ,Met111 ; Отправить сообщение 2 категории на ВККС

;Сегмент имитации сообщений от абонента 2

GENERATE T2_,T02_ ; Источник 2 сообщений
 ASSIGN 7,0 ; Код в P7 - признак попадания в накопитель ВККС

; Имитации сообщений 1 категории

TRANSFER p1_,Met02,Met2 ; Розыгрыш поступления сообщений 1 и 2 категорий
 Met02 ASSIGN 1,1 ; Код 1 в P1 - признак 1 категории
 ASSIGN 2,V\$DL1 ; Занесение в P2 длины (вычислительной сложности) сообщения
 ASSIGN 3,V\$VrPer1 ; Занесение в P3 времени передачи сообщения
 ASSIGN 8,V\$VrObr1 ; Занесение в P8 времени обработки сообщения

```

        PRIORITY 1 ; Сообщению 1 категории - высокий приоритет
        TRANSFER ,Met111 ; Отправить сообщение 1 категории на ВККС

; Имитации сообщений 2 категории
Met2 ASSIGN 1,2 ; Код 2 в P1 - признак 2 категории
      ASSIGN 2,V$DL2 ; Занесение в P2 длины (вычислительной сложности) сообщения
      ASSIGN 3,V$VrPer2 ; Занесение в P3 времени передачи сообщения
      ASSIGN 8,V$VrObr2 ; Занесение в P8 времени обработки сообщения
      TRANSFER ,Met111 ; Отправить сообщение 2 категории на ВККС

;Сегмент имитации сообщений от абонента 3
      GENERATE (Exponential(11,0,T3_)) ; Источник 3 сообщений
      ASSIGN 7,0 ; Код в P7 - признак попадания в накопитель ВККС

; Имитации сообщений 1 категории
Met03 TRANSFER p1_,Met03,Met3 ; Розыгрыш поступления сообщений 1 и 2 категорий
      ASSIGN 1,1 ; Код 1 в P1 - признак 1 категории
      ASSIGN 2,V$DL1 ; Занесение в P2 длины (вычислительной сложности) сообщения
      ASSIGN 3,V$VrPer1 ; Занесение в P3 времени передачи сообщения
      ASSIGN 8,V$VrObr1 ; Занесение в P8 времени обработки сообщения
      PRIORITY 1 ; Сообщению 1 категории - высокий приоритет
      TRANSFER ,Met111 ; Отправить сообщение 1 категории на ВККС

; Имитации сообщений 2 категории
Met3 ASSIGN 1,2 ; Код 2 в P1 - признак 2 категории
      ASSIGN 2,V$DL2 ; Занесение в P2 длины (вычислительной сложности) сообщения
      ASSIGN 3,V$VrPer2 ; Занесение в P3 времени передачи сообщения
      ASSIGN 8,V$VrObr2 ; Занесение в P8 времени обработки сообщения
      TRANSFER ,Met111 ; Отправить сообщение 2 категории на ВККС

;Сегмент работы накопителя и ВККС
Met111 GATE FV Vkks,Met5 ; Проверка ВККС на исправность
        GATE U Vkks,Met17 ; Проверка ВККС на занятость
        TEST LE P2,(L1-X$TEmk),Met5 ; Есть ли место в накопителе ВККС?
        SAVEVALUE TEmk+,P2 ; Увеличение текущей емкости накопителя на длину сообщения
        LINK SVkks,PR ; Поместить сообщение в накопитель ВККС
Met17 ASSIGN 7,1 ; Код 1 в P7 - признак попадания сообщения в накопитель ВККС
Met14 SEIZE Vkks ; Занять ВККС
      ADVANCE P8 ; Имитация обработки
      RELEASE Vkks ; Освобождение ВККС
      TEST E 7,0,Met18 ; Если P7 =0, то
      SAVEVALUE TEmk-,P2 ; уменьшить текущую емкость накопителя ВККС на дли-
ну обработанного сообщения
Met18 UNLINK SVkks,Met14,1 ; Очередное сообщения из накопителя ВККС на обработку

; Сегмент имитации работы каналов связи
Met15 ASSIGN 4,0 ; Подготовка к циклу
Met16 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла поиска исправного и свободного канала
      GATE FV P4,Met17 ; Исправен ли канал? Если да, то
      GATE U P4,Met21 ; занят ли канал? Если нет, на Met21-занять канал
Met23 TEST GE P4,NCan,Met16 ;Все ли каналы просмотрены? Если нет,продолжить поиск
      TEST L CH$Spis,L2_,Met5 ; Есть ли место в накопителе каналов?
      LINK Spis,PR ; Поместить сообщение в накопитель каналов
Met21 SEIZE P4 ; Занять канал с номером в P4
      ADVANCE P3 ; Имитация передачи сообщения
      RELEASE P4 ; Освобождение канала с номером в P4
      UNLINK Spis,Met15,1 ; Очередное сообщения из буфера каналов на передачу
      TRANSFER ,Met10 ; Счет переданных сообщений

;Сегмент имитации отказов ВККС
      GENERATE ,,,1
Met49 ADVANCE (Exponential(237,0,T0tk1)) ; Розыгрыш времени до очередного отказа
      ASSIGN 1,(RN35/1000) ; Обращение к датчику RN
      TEST LE P1,Pc_,Met50 ; Все ли сообщения в накопителях теряются?
Met51 FUNAVAIL Vkks,RE,Met115 ; Перевод ВККС в неисправное состояние

```

```

ADVANCE (Exponential(237,0,TVost1)) ; Имитация восстановления
FAVAIL Vkks ; Перевод ВККС в исправное состояние
TRANSFER ,Met49 ; Отправить для розыгрыша очередного отказа
Met115 RELEASE Vkks ; Освобождение ВККС прерванным сообщением
TEST E P7,0,Met5 ; Если P7 =0, то
SAVEVALUE TEmk-,P2 ; уменьшить текущую емкость накопителя ВККС на дли-
ну потерянного сообщения
TRANSFER ,Met5 ; Отправить в накопитель канала
Met50 UNLINK Spis,Met5,ALL ; Потеря всех сообщений из накопителя ВККС
UNLINK SVkks,Met5,ALL ; Потеря всех сообщений из буфера каналов
SAVEVALUE TEmk,0 ; Значение текущей емкости =0
TRANSFER ,Met51 ; Отправить для перевода ВККС в неисправное состояние

;Сегмент имитации отказов 1 канала связи
GENERATE ,,,1
Met19 ADVANCE (Exponential(237,0,T0tk2)) ; Розыгрыш времени до очередного отказа
FUNAVAIL 1,RE,Met11 ; Перевод канала в неисправное состояние
ADVANCE (Exponential(237,0,TVost2)); Имитация восстановления канала
FAVAIL 1 ; Перевод в исправное состояние
TRANSFER ,Met19 ; Отправить для розыгрыша очередного отказа
Met112 RELEASE 1 ; Освобождение канала с номером 1
TEST E P1,1,Met5 ; Если сообщение 1 категории, то
TRANSFER ,Met15 ; отправить на повторную передачу

; Сегмент имитации отказов 2 канала связи
GENERATE ,,,1
Met39 ADVANCE (Exponential(237,0,T0tk2)) ; Розыгрыш времени до очередного отказа
FUNAVAIL 2,RE,Met113 ; Перевод канала в неисправное состояние
ADVANCE (Exponential(237,0,TVost2)); Имитация восстановления канала
FAVAIL 2 ; Перевод в исправное состояние
TRANSFER ,Met39
Met113 RELEASE 2
TEST E P1,1,Met5 ; Если сообщение 1 категории, то
TRANSFER ,Met15 ; отправить на повторную передачу
Met10 TEST E P1,1 Ter2
Ter1 TERMINATE ;Переданные сообщения 1 категории
Ter2 TERMINATE ;Переданные сообщения 2 категории
Met5 TEST E P1,1 Ter4
Ter3 TERMINATE ;Потерянные сообщения 1 категории
Ter4 TERMINATE ;Потерянные сообщения 2 категории

;Время моделирования
GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования
TEST E TG1,1,Met40 ; Если TG1=1, то расчет результатов
SAVEVALUE VPerS1,V$VPerS1 ; Вероятность передачи сообщений 1 категории
SAVEVALUE VPerS2,V$VPerS2 ; Вероятность передачи сообщений 2 категории
SAVEVALUE VPotS1,V$VPotS1 ; Вероятность потери сообщений 1 категории
SAVEVALUE VPotS2,V$VPotS2 ; Вероятность потери сообщений 2 категории
Met40 TERMINATE 1

```

Вариант 11

Постановка задачи

На вычислительный комплекс коммутации сообщений (ВККС) поступают сообщения от n_1 абонентов с интервалами времени T_1, T_2, \dots, T_{n_1} . Сообщения могут быть n_2 категорий с вероятностями p_1, p_2, \dots, p_{n_2} ($p_1+p_2+\dots+p_{n_2} = 1$) и вычислительными сложностями S_1, S_2, \dots, S_{n_2} операций (оп) соответственно. Вычислительные сложности случайные. Сообщения 1-й категории обладают относительным приоритетом по отношению к сообщениям остальных категорий. ВККС имеет входной накопитель емкостью L_1 байт для хранения сообщений, ожидающих передачи. В буфере сообщения размещаются в соответствии с приоритетом.

ВККС обрабатывает сообщения с производительностью Q оп/с. После обработки сообщения передаются по n_3 каналам связи. Скорость передачи V_p бит/с. Если после обработки сообщения все n_3 канала связи заняты, то обработанное сообщение помещается в накопитель каналов связи, если в нем есть место. При отсутствии места в накопителе каналов связи сообщение теряется. Емкость накопителя каналов связи ограничена L_2 сообщениями.

ВККС и каналы связи имеют конечную надежность. Интервалы времени $T_{от1}$ и $T_{от2}$ между отказами ВККС и каналов связи случайные. Длительности восстановления $T_{в1}$ и $T_{в2}$ ВККС и каналов связи случайные. При отказе канала связи передаваемые сообщения 1-й категории сохраняются в накопителе каналов, если в нем есть место. При выходе из строя ВККС с вероятностью P_c все сообщения в накопителе ВККС и накопителе каналов связи сохраняются, обрабатываемое сообщение теряется, а прием ВККС и передача сообщений по каналам связи прекращается. Поступающие в это время сообщения теряются.

Исходные данные

```

n1 = 4;   Exp(T1) = Exp(132.5);           Rav(T2, To2) = Rav(165.2, 13);
          Exp(T3) = Exp(85.1);           Exp(142.4);
          Nor(S1, So1) = Nor(53000, 6100); Nor(S2, So2) = Nor(86000, 5000);
          Nor(S3, So3) = Nor(66000, 7000);
          Q=3600 оп/с;   L1 = 25000000;   L2 = 5;
n2 = 3;   p1 = 0.3;   p2 = 0.2;           p3 = 0.5;
n3 = 3;   Exp(Tот1) = Exp(3600);         Exp(Tв1) = Exp(3.7);
          Exp(Tот2) = Exp(1800);         Exp(Tв2) = Exp(4.2);
          Pc = 0.7;                       Vп = 5000 бит/с.
    
```

Значения емкостей L_1 и L_2 накопителей, интервалов времени T_1 , T_2 , T_3 и вероятностей P_1 , P_2 исследователь от исходных данных изменяет самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования ВККС. Исследовать влияние емкостей входных накопителей, интервалов времени T_1 , T_2 , T_3 и вероятностей P_1 и P_2 на вероятности передачи сообщений по категориям и в целом через ВККС в течение двух часов.

Сделать выводы о загруженности элементов ВККС и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

Программа модели

```

; Вариант 11
; Модель вычислительного комплекса коммутации сообщений
; Задание исходных данных

VrMod   EQU      7200           ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1с
NCan    EQU      3             ; Число каналов
T1_     EQU      132.5; Средний интервал времени поступления сообщений от источника 1
T2_     EQU      165.2; Средний интервал времени поступления сообщений от источника 2
T02_    EQU      13; Среднеквадратическое отклонение интервала времени
; поступления сообщений от источника 2
T3_     EQU      85.1; Средний интервал времени поступления сообщений от источника 3
T4_     EQU      142.4 ; Средний интервал времени поступления сообщений от источника 4
p1_     EQU      0.6           ; Вероятность поступления сообщений 1 категории
Q_      EQU      3600          ; Производительность ВККС, оп/с
V_      EQU      5000          ; Скорость передачи, бит/с
    
```

```

Pc_      EQU      0.7          ; Вероятность потери сообщений при отказе ВККС
L1_      EQU      2500000     ; Емкость накопителя ВККС, байт
L2_      EQU      5          ; Емкость накопителя каналов связи
TOtk1    EQU      3600       ; Среднее время между отказами ВККС
TOtk2    EQU      1800       ; Среднее время между отказами каналов
TVost1   EQU      3.7        ; Среднее время восстановления ВККС
TVost2   EQU      4.2        ; Среднее время восстановления каналов

; Описание арифметических выражений вычисления
DL        VARIABLE  INT(NORMAL(114, FN$S_, FN$So_)); Длины (вычислительной сложности) сообщения
VrPer     VARIABLE  (P2/V_)#8 ; Времени передачи сообщения
VrObr     VARIABLE  P2/Q_     ; Времени обработки сообщения

; Вероятность передачи и потери сообщений
VPerS1   VARIABLE  N$Ter1/N$Met1 ; Вероятность передачи сообщений 1 категории
VPerS2   VARIABLE  N$Ter2/N$Met2 ; Вероятность передачи сообщений 2 категории
VPerS3   VARIABLE  N$Ter3/N$Met3 ; Вероятность передачи сообщений 3 категории
VPotS1   VARIABLE  N$Ter4/N$Met1 ; Вероятность потери сообщений 1 категории
VPotS2   VARIABLE  N$Ter5/N$Met2 ; Вероятность потери сообщений 2 категории
VPotS3   VARIABLE  N$Ter6/N$Met3 ; Вероятность потери сообщений 3 категории
Kat       FUNCTION  RN34, D3 ; Вероятности видов категорий
.3, 1/.5, 2/1, 3
S_        FUNCTION  P1, D3; Средние вычислительные сложности сообщений (длина), оп (байт)
1, 53000/2, 86000/3, 66000
So_       FUNCTION  P1, D3 ; Среднеквадратические отклонения вычислительных сложностей сообщений (длин), оп (байт)
1, 6100/2, 5000/3, 7000

; Сегмент имитации сообщений от абонента 1
GENERATE  (Exponential(11, 0, T1_)) ; Источник 1 сообщений

; Розыгрыш категории сообщения
Met4      ASSIGN    1, FN$Kat ; Код категории - в P1
Num1      TRANSFER , (Num1+P1)
Met1      TRANSFER , Met02
Met2      TRANSFER , Met02
Met3      TRANSFER , Met02
; Имитация сообщений
Met02     ASSIGN    2, V$DL ; Занесение в P2 длины (вычислительной сложности) сообщения
ASSIGN    3, V$VrPer ; Занесение в P3 времени передачи сообщения
ASSIGN    8, V$VrObr ; Занесение в P8 времени обработки сообщения
ASSIGN    7, 0 ; Код 0 - признак попадания в накопитель ВККС
TEST E    P1, 1, Met111 ; Если сообщение 1 категории, то
PRIORITY  1 ; сообщению 1 категории - высокий приоритет
TRANSFER , Met111 ; Отправить сообщение на ВККС

; Сегмент имитации сообщений от абонента 2
GENERATE  T2_, T02_ ; Источник 2 сообщений
TRANSFER , Met4 ; Отправить для розыгрыша категории

; Сегмент имитации сообщений от абонента 3
GENERATE  (Exponential(11, 0, T3_)) ; Источник 3 сообщений
TRANSFER , Met4 ; Отправить для розыгрыша категории

; Сегмент имитации сообщений от абонента 4
GENERATE  (Exponential(11, 0, T4_)) ; Источник 4 сообщений
TRANSFER , Met4 ; Отправить для розыгрыша категории

; Сегмент работы накопителя и ВККС
Met111    GATE FV   Vkks, Met5 ; Проверка ВККС на исправность
GATE U    Vkks, Met17 ; Проверка ВККС на занятость
TEST LE   P2, (L1_-X$TEmk), Met5 ; Есть ли место в накопителе ВККС?
SAVEVALUE TEmk+, P2 ; Увеличение текущей емкости накопителя на длину сообщения
LINK     SVkks, PR ; Поместить сообщение в накопитель ВККС

```

```

Met17    ASSIGN    7,1; Признак - сообщение поступило на ВККС, минуя накопитель
Met14    SEIZE     Vkks          ; Занять ВККС
          ADVANCE   P8           ; Имитация обработки
          RELEASE   Vkks          ; Освобождение ВККС
          TEST E    P7,0,Met18   ; Если P7 =0, то
          SAVEVALUE TEmk-,P2     ; уменьшить текущую емкость накопителя ВККС на длину
обработанного сообщения
Met18    UNLINK    SVkks,Met14,1 ; Очередное сообщения из накопителя ВККС на обработку

; Сегмент имитации работы каналов связи
Met15    ASSIGN    4,0           ; Подготовка к циклу
Met16    ASSIGN    4+,; Начало цикла поиска исправного и свободного канала
          GATE FV   P4,Met23     ; Исправен ли канал? Если да, то
          GATE U    P4,Met21 ; занят ли канал? Если нет, на Met21-занять канал
Met23    TEST GE   P4,NCan,Met16 ; Все ли каналы просмотрены? Если нет, продолжить поиск
          TEST L    CH$Spis,L2_,Met5 ; Есть ли место в накопителе каналов?
          LINK      Spis,PR       ; Поместить сообщение в накопитель каналов
Met21    SEIZE     P4           ; Занять канал с номером в P4
          ADVANCE   P3           ; Имитация передачи сообщения
          RELEASE   P4           ; Освобождение канала с номером в P4
          UNLINK    Spis,Met15,1 ; Очередное сообщения из буфера каналов на передачу
          TRANSFER  ,Met10       ; Счет переданных сообщений

;Сегмент имитации отказов ВККС
          GENERATE  ,,,1
Met49    ADVANCE   (Exponential(237,0,T0tk1)); Розыгрыш времени до очередного отказа
          ASSIGN    1,(RN35/1000) ; Обращение к датчику RN
          TEST LE   P1,Pc_,Met50 ; Все ли сообщения в накопителях теряются?
Met51    FUNAVAIL  Vkks,RE,Met115 ; Перевод ВККС в неисправное состояние
          ADVANCE   (Exponential(237,0,TVost1)) ; Имитация восстановления
          FAVAIL    Vkks          ; Перевод ВККС в исправное состояние
          TRANSFER  ,Met49        ; Отправить для розыгрыша очередного отказа
Met115   RELEASE   Vkks          ; Освобождение ВККС прерванным сообщением
          TEST E    P7,0,Met5     ; Если P7 =0, то
          SAVEVALUE TEmk-,P2     ; уменьшить текущую емкость накопителя ВККС на длину по-
терянного сообщения
          TRANSFER  ,Met5         ; Отправить в накопитель каналов
Met50    UNLINK    Spis,Met5,ALL ; Потеря всех сообщений из накопителя ВККС
          UNLINK    SVkks,Met5,ALL ; Потеря всех сообщений из буфера каналов
          SAVEVALUE TEmk,0       ; Значение текущей емкости =0
          TRANSFER  ,Met51 ; Отправить для перевода ВККС в неисправное состояние

;Сегмент имитации отказов 1 канала связи
          GENERATE  ,,,NCan      ; Число транзактов - по числу кканалов связи
          SAVEVALUE 1+,1         ; Занести в X последовательно 1, 2, ..., NCan
          ASSIGN    4,X1         ; Занести в P4 последовательно 1, 2, ..., NCan
Met19    ADVANCE   (Exponential(237,0,T0tk2)) ; Розыгрыш времени до очередного отказа
          GATE FV   P4,Met19     ; Канал уже неисправен? Тогда новый розыгрыш
          FUNAVAIL  P4,RE,Met112 ; Перевод канала в неисправное состояние
          ADVANCE   (Exponential(237,0,TVost2)); Имитация восстановления канала
          FAVAIL    P4           ; Перевод в исправное состояние
          TRANSFER  ,Met19; Отправить для розыгрыша очередного отказа
Met112   RELEASE   P4           ; Освобождение канала с номером 1
          TEST E    P1,1,Met5     ; Если сообщение 1 категории, то
          TRANSFER  ,Met15        ; отправить на повторную передачу

; Сегмент имитации отказов 2 канала связи
Met10    TRANSFER  ,(Met10+P1)
Ter1     TERMINATE ;Переданные сообщения 1 категории
Ter2     TERMINATE ;Переданные сообщения 2 категории
Ter3     TERMINATE ;Переданные сообщения 3 категории
Met5     TRANSFER  ,(Met5+P1)
Ter4     TERMINATE ;Потерянные сообщения 1 категории
Ter5     TERMINATE ;Потерянные сообщения 2 категории

```


Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования ВККС. Исследовать влияние емкостей входных накопителей, интервалов времени T_1, T_2, \dots, T_6 и вероятностей P_1 и P_2 на вероятности передачи сообщений по категориям и в целом через ВККС в течение двух часов.

Сделать выводы о загруженности элементов ВККС и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

Программа модели

```
; Вариант 12
; Модель вычислительного комплекса коммутации сообщений
; Задание исходных данных
VrMod EQU 7200; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1с
NCan EQU 3 ; Число каналов
n1_ EQU 6 ; Количество источников сообщений
T_ EQU 118.4; Средний интервал времени поступления сообщений от источника
Q_ EQU 36000 ; Производительность ВККС, оп/с
V_ EQU 5000 ; Скорость передачи, бит/с
Pc_ EQU 0.7; Вероятность потери сообщений при отказе ВККС
L1_ EQU 2500000 ; Емкость накопителя ВККС, байт
L2_ EQU 5 ; Емкость накопителя каналов связи
TOtk1 EQU 3600 ; Среднее время между отказами ВККС
TOtk2 EQU 1800 ; Среднее время между отказами каналов
TVost1 EQU 3.7 ; Среднее время восстановления ВККС
TVost2 EQU 4.2 ; Среднее время восстановления каналов

; Описание арифметических выражений вычисления
DL VARIABLE NORMAL(114, FN$S_, FN$So_); Длины (вычислительной сложности) сообщения
VrPer VARIABLE (P2/V_)#8 ; Времени передачи сообщения
VrObr VARIABLE P2/Q_ ; Времени обработки сообщения
; Вероятность передачи и потери сообщений
VPerS1 VARIABLE N$Ter1/N$Met1 ; Вероятность передачи сообщений 1 категории
VPerS2 VARIABLE N$Ter2/N$Met2; Вероятность передачи сообщений 2 категории
VPerS3 VARIABLE N$Ter3/N$Met3 ; Вероятность передачи сообщений 3 категории
VPotS1 VARIABLE N$Ter4/N$Met1 ; Вероятность потери сообщений 1 категории
VPotS2 VARIABLE N$Ter5/N$Met2 ; Вероятность потери сообщений 2 категории
VPotS3 VARIABLE N$Ter6/N$Met3 ; Вероятность потери сообщений 3 категории
Kat FUNCTION RN34, D3; Вероятности видов категорий
.3, 1/.5, 2/1, 3
S_ FUNCTION P1, D3; Средние вычислительные сложности сообщений (длина), оп (байт)
1, 53000/2, 86000/3, 66000
So_ FUNCTION P1, D3; Среднеквадратические отклонения вычислительных сложностей сообщений (длин), оп (байт)
1, 6100/2, 5000/3, 7000

; Сегмент имитации сообщений от абонентов
GENERATE (Exponential(11, 0, (T_/n1_))) ; Источники сообщений

; Розыгрыш категории сообщения
Met4 ASSIGN 1, FN$Kat ; Код категории - в P1
Num1 TRANSFER , (Num1+P1)
Met1 TRANSFER , Met02
Met2 TRANSFER , Met02
Met3 TRANSFER , Met02

; Имитация сообщений
Met02 ASSIGN 2, V$DL ; Занесение в P2 длины (вычислительной сложности) сообщения
ASSIGN 3, V$VrPer ; Занесение в P3 времени передачи сообщения
```

ASSIGN 8,V\$VrObr ; Занесение в P8 времени обработки сообщения
 ASSIGN 7,0 ; Код 0 в P7 - признак возможного попадания в накопитель ВККС
 TEST E P1,1,Met111 ; Если сообщение 1 категории, то
 PRIORITY 1 ; сообщению 1 категории - высокий приоритет
 TRANSFER ,Met111 ; Отправить сообщение на ВККС

;Сегмент работы накопителя и ВККС
 Met111 GATE FV Vkks,Met5 ; Проверка ВККС на исправность
 GATE U Vkks,Met17 ; Проверка ВККС на занятость
 TEST LE P2,(L1-X\$TEmk),Met5 ; Есть ли место в накопителе ВККС?
 SAVEVALUE TEmk+,P2 ; Увеличение текущей емкости накопителя на длину сообщения
 LINK SVkks,PR ; Поместить сообщение в накопитель ВККС
 Met17 ASSIGN 7,1 ; Признак - сообщение поступило на ВККС, минуя накопитель
 Met14 SEIZE Vkks ; Занять ВККС
 ADVANCE P8 ; Имитация обработки
 RELEASE Vkks ; Освобождение ВККС
 TEST NE P7,1,Met18 ; Если P7 не =1, то
 SAVEVALUE TEmk-,P2 ; уменьшить текущую емкость накопителя ВККС на
 длину обработанного сообщения
 Met18 UNLINK SVkks,Met14,1; Очередное сообщения из накопителя ВККС на обработку

; Сегмент имитации работы каналов связи
 Met15 ASSIGN 4,0 ; Подготовка к циклу
 Met16 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла поиска исправного и свободного канала
 GATE FV P4,Met23 ; Исправен ли канал? Если да, то
 GATE U P4,Met21 ; занят ли канал? Если нет, на Met21-занять канал
 TEST E X*4,1,Met61; Если канал занят сообщением низкого приоритета, то пре-
 рвать
 Met23 TEST GE P4,NCan,Met16 ;Все ли каналы просмотрены? Если нет,продолжить поиск
 TEST L CH\$Spis,L2_,Met5 ; Есть ли место в накопителе каналов?
 LINK Spis,PR ; Поместить сообщение в накопитель каналов
 Met21 SEIZE P4 ; Занять канал с номером в P4
 SAVEVALUE P4,P1 ; Занести код категории в X с номером в P4
 ADVANCE P3 ; Имитация передачи сообщения
 RELEASE P4 ; Освобождение канала с номером в P4
 UNLINK Spis,Met15,1; Очередное сообщения из буфера каналов на передачу
 TRANSFER ,Met10 ; Счет переданных сообщений

; Имитация передачи по каналам с прерыванием
 Met61 SAVEVALUE P4,P1 ; Занести PR в X с номером в P4
 PREEMPT P4,PR,Met62 ; Занять канал с номером в P4
 ADVANCE P3 ; Имитация передачи сообщения
 RETURN P4 ; Освобождение канала с номером в P4
 UNLINK Spis,Met15,1 ; Очередное сообщения из буфера каналов на передачу
 TRANSFER ,Met10 ; Счет переданных сообщений
 Met62 RELEASE P4
 TRANSFER ,Met15 ; Отправить в накопитель каналов

;Сегмент имитации отказов ВККС
 GENERATE ,,,1
 Met49 ADVANCE (Exponential(237,0,TOtk1)); Розыгрыш времени до очередного отказа
 ASSIGN 1,(RN35/1000) ; Обращение к датчику RN
 TEST LE P1,Pc_,Met50 ; Все ли сообщения в накопителях теряются?
 Met51 FUNAVAIL Vkks,RE,Met115 ; Перевод ВККС в неисправное состояние
 ADVANCE (Exponential(237,0,TVost1)) ; Имитация восстановления
 FAVAIL Vkks ; Перевод ВККС в исправное состояние
 TRANSFER ,Met49 ; Отправить для розыгрыша очередного отказа
 Met115 RELEASE Vkks ; Освобождение ВККС прерванным сообщением
 TEST NE P7,1,Met5 ; Если P7 не =1, то
 SAVEVALUE TEmk-,P2 ; уменьшить текущую емкость накопителя ВККС на дли-
 ну потерянного сообщения
 TRANSFER ,Met5 ; Отправить в накопитель каналов
 Met50 UNLINK Spis,Met5,ALL ; Потеря всех сообщений из накопителя ВККС
 UNLINK SVkks,Met5,ALL ; Потеря всех сообщений из буфера каналов
 SAVEVALUE TEmk,0 ; Значение текущей емкости =0

```

TRANSFER ,Met51 ; Отправить для перевода ВККС в неисправное состояние

;Сегмент имитации отказов 1 канала связи
GENERATE ,,,NCan ; Число транзактов - по числу каналов связи
SAVEVALUE 51+,1
ASSIGN 4,X51
Met19 ADVANCE (Exponential(237,0,T0tk2)); Розыгрыш времени до очередного отказа
GATE FV P4,Met19
FUNAVAIL P4,RE,Met112 ; Перевод канала в неисправное состояние
ADVANCE (Exponential(237,0,TVost2)) ; Имитация восстановления канала
FAVAIL P4 ; Перевод в исправное состояние
TRANSFER ,Met19 ; Отправить для розыгрыша очередного отказа
Met112 RELEASE P4 ; Освобождение канала с номером 1
TEST E P1,1,Met5 ; Если сообщение 1 категории, то
TRANSFER ,Met15 ; отправить на повторную передачу

; Сегмент имитации отказов 2 канала связи
Met10 TRANSFER ,(Met10+P1)
Ter1 TERMINATE ;Переданные сообщения 1 категории
Ter2 TERMINATE ;Переданные сообщения 2 категории
Ter3 TERMINATE ;Переданные сообщения 3 категории
Met5 TRANSFER ,(Met5+P1)
Ter4 TERMINATE ;Потерянные сообщения 1 категории
Ter5 TERMINATE ;Потерянные сообщения 2 категории
Ter6 TERMINATE ;Потерянные сообщения 3 категории

;Время моделирования
GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования
TEST E TG1,1,Met40 ; Если TG1=1, то расчет результатов
SAVEVALUE VPerS1,V$VPerS1 ; Вероятность передачи сообщений 1 категории
SAVEVALUE VPerS2,V$VPerS2 ; Вероятность передачи сообщений 2 категории
SAVEVALUE VPerS3,V$VPerS3 ; Вероятность передачи сообщений 3 категории
SAVEVALUE VPotS1,V$VPotS1 ; Вероятность потери сообщений 1 категории
SAVEVALUE VPotS2,V$VPotS2 ; Вероятность потери сообщений 2 категории
SAVEVALUE VPotS3,V$VPotS3 ; Вероятность потери сообщений 3 категории
Met40 TERMINATE 1

```

Вариант 13

Постановка задачи

На вычислительный комплекс коммутации сообщений (ВККС) поступают сообщения от n_1 абонентов с интервалами времени T_1, T_2, \dots, T_{n_1} . Сообщения могут быть n_2 категорий с вероятностями p_1, p_2, \dots, p_{n_2} ($p_1+p_2+\dots+p_{n_2} = 1$) и вычислительными сложностями S_1, S_2, \dots, S_{n_2} операций (оп) соответственно. Вычислительные сложности случайные. ВККС имеет входной накопитель емкостью L_1 байт для хранения сообщений, ожидающих передачи. Сообщения 1-й категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к сообщениям остальных категорий при обработке на ВККС. В буфере сообщения размещаются в соответствии с приоритетом.

ВККС обрабатывает сообщения с производительностью Q оп/с. После обработки сообщения передаются по n_3 каналам связи. Скорость передачи V бит/с. При передаче сообщения 1-й категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к сообщениям других категорий. Поэтому если после обработки сообщения все n_3 канала связи заняты, обработанное сообщение помещается в накопитель каналов связи, если в нем есть место, иначе — теряется. Емкость накопителя каналов связи ограничена L_2 сообщениями.

ВККС и каналы связи имеют конечную надежность. Интервалы времени $T_{от1}$ и $T_{от2}$ между отказами ВККС и каналов связи случайные. Длительности восста-

новления Тв1 и Тв2 ВККС и каналов связи случайные. При отказе канала связи передаваемые сообщения 1-й категории сохраняются в накопителе каналов, если в нем есть место. При выходе из строя ВККС с вероятностью Pс все сообщения в накопителе ВККС и накопителе каналов связи сохраняются, обрабатываемое сообщение теряется, а прием ВККС и передача сообщений по каналам связи прекращается. Все поступающие в это время сообщения теряются.

Исходные данные

```
n1 = 6;   Exp(T1) = Exp(T2) = ... = Exp(T6) = Exp(118.4);
n2 = 3;   p1 = 0.3;   p2 = 0.2;   p3 = 0.5;
          Nor(S1, So1) = Nor(53000, 6100); Nor(S2, So2) = Nor(86000, 5000);
          Nor(S3, So3) = Nor(66000, 7000);
          Q=3600 оп/с;   L1 = 2500000;   L2 = 5;
n3 = 3;   Exp(Tot1) = Exp(3600);   Exp(Tв1) = Exp(3.7);
          Exp(Tot2) = Exp(1800);   Exp(Tв2) = Exp(4.2);
          Pс = 0.7;   Vп = 5000 бит/с.
```

Значения емкостей L1 и L2 накопителей, интервалов времени T1, T2, T3 и вероятностей P1, P2 исследователь от исходных данных изменяет самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования ВККС. Исследовать влияние емкостей входных накопителей, интервалов времени T1, T2, ..., T6 и вероятностей P1 и P2 на вероятности передачи сообщений по категориям и в целом через ВККС в течение двух часов.

Сделать выводы о загруженности элементов ВККС и необходимых мерах по повышению эффективности его функционирования.

Программа модели

```
; Вариант 13
; Модель вычислительного комплекса коммутации сообщений
; Задание исходных данных

VrMod      EQU      7200; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1с
NCan       EQU      3          ; Число каналов
n1_        EQU      6          ; Количество источников сообщений
T_         EQU      118.4; Средний интервал времени поступления сообщений от источника
Q_         EQU      3600       ; Производительность ВККС, оп/с
V_         EQU      5000       ; Скорость передачи, бит/с
Pс_        EQU      0.7; Вероятность потери сообщений при отказе ВККС
L1_        EQU      2500000    ; Емкость накопителя ВККС, байт
L2_        EQU      5          ; Емкость накопителя каналов связи
TOtk1      EQU      3600       ; Среднее время между отказами ВККС
TOtk2      EQU      1800       ; Среднее время между отказами каналов
TVost1     EQU      3.7        ; Среднее время восстановления ВККС
TVost2     EQU      4.2        ; Среднее время восстановления каналов

; Описание арифметических выражений вычисления
DL         VARIABLE  INT(NORMAL(114, FN$S_, FN$So_)) ; Длины (вычислительной сложности) сообщения
VrPer      VARIABLE  (P2/V_)#8          ; Времени передачи сообщения
VrObr      VARIABLE  P2/Q_             ; Времени обработки сообщения
;Вероятность передачи и потери сообщений
VPerS1     VARIABLE  N$Ter1/N$Met1 ;Вероятность передачи сообщений 1 категории
```

VPerS2 VARIABLE N\$Ter2/N\$Met2;Вероятность передачи сообщений 2 категории
VPerS3 VARIABLE N\$Ter3/N\$Met3 ;Вероятность передачи сообщений 3 категории
VPotS1 VARIABLE N\$Ter4/N\$Met1 ;Вероятность потери сообщений 1 категории
VPotS2 VARIABLE N\$Ter5/N\$Met2 ;Вероятность потери сообщений 2 категории
VPotS3 VARIABLE N\$Ter6/N\$Met3 ;Вероятность потери сообщений 3 категории
Kat FUNCTION RN34,D3; Вероятности видов категорий
.3,1/.5,2/1,3
S_ FUNCTION P1,D3; Средние вычислительные сложности сообщений (длина), оп (байт)
1,53000/2,86000/3,66000
So_ FUNCTION P1,D3; Среднеквадратические отклонения вычислительных сложностей со-
общений (длин), оп (байт)
1,6100/2,5000/3,7000

; Сегмент имитации сообщений от абонентов
GENERATE (Exponential(11,0,(T_/nl_))) ; Источники сообщений

; Розыгрыш категории сообщения
Met4 ASSIGN 1,FN\$Kat ; Запись в P1 кода категории
Num1 TRANSFER ,(Num1+P1)
Met1 TRANSFER ,Met02 ; Разнесено на три Met1, Met2, Met3 для счета поступающих
Met2 TRANSFER ,Met02 ; сообщений по категориям
Met3 TRANSFER ,Met02
; Имитация сообщений
Met02 ASSIGN 2,V\$DL ; Занесение в P2 длины (вычислительной сложности)
сообщения
ASSIGN 3,V\$VrPer ; Занесение в P3 времени передачи сообщения
ASSIGN 8,V\$VrObr ; Занесение в P8 времени обработки сообщения
ASSIGN 7,0 ; Код 0 в P7 - признак попадания сообщения в накопитель
TEST E P1,1,Met111 ; Если сообщение 1 категории, то
PRIORITY 1; сообщению 1 категории - высокий приоритет
TRANSFER ,Met111 ; Отправить сообщение на ВККС

;Сегмент работы накопителя и ВККС
Met111 GATE FV Vkks,Met5 ; Проверка ВККС на исправность
GATE U Vkks,Met17 ; Проверка ВККС на занятость
TEST LE P2,(L1_-X\$TEmk),Met5 ; Есть ли место в накопителе ВККС?
SAVEVALUE TEmk+,P2; Увеличение текущей емкости накопителя на длину сообщения
LINK SVkks,PR ; Поместить сообщение в накопитель ВККС
Met17 ASSIGN 7,1; Признак - сообщение поступило на ВККС, минуя накопитель
Met14 SEIZE Vkks ; Занять ВККС
ADVANCE P8 ; Имитация обработки
RELEASE Vkks ; Освобождение ВККС
TEST E P7,0,Met18 ; Если P7 =0, то
SAVEVALUE TEmk-,P2 ; уменьшить текущую емкость накопителя ВККС на
длину обработанного сообщения
Met18 UNLINK SVkks,Met14,1 ; Очередное сообщения из накопителя ВККС на обработку

; Сегмент имитации работы каналов связи
Met15 ASSIGN 4,0 ; Подготовка к циклу
Met16 ASSIGN 4+,1; Начало цикла поиска исправного и свободного канала
GATE FV P4,Met23 ; Исправен ли канал? Если да, то
GATE U P4,Met21 ; занят ли канал? Если нет, на Met21-занять канал
TEST E X*4,1,Met61 ; Если канал занят сообщением низкого приоритета, то
прервать
Met23 TEST GE P4,NCan,Met16 ;Все ли каналы просмотрены? Если нет, продолжить поиск
TEST L CH\$Spis,L2_,Met5 ; Есть ли место в накопителе каналов?
LINK Spis,PR ; Поместить сообщение в накопитель каналов
Met21 SEIZE P4 ; Занять канал с номером в P4
SAVEVALUE P4,P1 ; Занести код категории в X с номером в P4
ADVANCE P3 ; Имитация передачи сообщения
RELEASE P4 ; Освобождение канала с номером в P4
UNLINK Spis,Met15,1 ; Очередное сообщения из буфера каналов на передачу
TRANSFER ,Met10 ; Счет переданных сообщений

```

; Имитация передачи по каналам с прерыванием
Met61  SAVEVALUE P4,P1 ; Занести PR в X с номером в P4
      PREEMPT P4,PR,Met62 ; Занять канал с номером в P4
      ADVANCE P3 ; Имитация передачи сообщения
      RETURN P4 ; Освобождение канала с номером в P4
      UNLINK Spis,Met15,1 ; Очередное сообщения из буфера каналов на передачу
      TRANSFER ,Met10 ; Счет переданных сообщений
Met62  RELEASE P4 ; Освободить канал с номером в P4
      TRANSFER ,Met15 ; Отправить в накопитель каналов

;Сегмент имитации отказов ВККС
      GENERATE ,,,1
Met49  ADVANCE (Exponential(237,0,T0tk1)) ; Розыгрыш времени до очередного отказа
      ASSIGN 1,(RN35/1000) ; Обращение к датчику RN
      TEST LE P1,Pc_,Met50 ; Все ли сообщения в накопителях теряются?
Met51  FUNAVAIL Vkks,RE,Met115 ; Перевод ВККС в неисправное состояние
      ADVANCE (Exponential(237,0,TVost1)) ; Имитация восстановления
      FAVAIL Vkks ; Перевод ВККС в исправное состояние
      TRANSFER ,Met49 ; Отправить для розыгрыша очередного отказа
Met115 RELEASE Vkks ; Освобождение ВККС прерванным сообщением
      TEST E P7,0,Met5 ; Если P7=0, то
      SAVEVALUE TEmk-,P2 ; уменьшить текущую емкость накопителя ВККС на
длину потерянного сообщения
      TRANSFER ,Met5 ; Отправить в накопитель каналов
Met50  UNLINK Spis,Met5,ALL ; Потеря всех сообщений из накопителя ВККС
      UNLINK SVkks,Met5,ALL ; Потеря всех сообщений из буфера каналов
      SAVEVALUE TEmk,0 ; Значение текущей емкости =0
      TRANSFER ,Met51 ; Отправить для перевода ВККС в неисправное состояние

;Сегмент имитации отказов 1 канала связи
      GENERATE ,,,NCan ; Число транзактов - по числу кканалов связи
      SAVEVALUE 51+,1 ; Записать в X51 последовательно 1, 2, ..., NCan
      ASSIGN 4,X51; Записать в P4 NCan транзактов последовательно 1, 2, ..., NCan
Met19  ADVANCE (Exponential(237,0,T0tk2)); Розыгрыш времени до очередного отказа
      GATE FV P4,Met19
      FUNAVAIL P4,RE,Met112 ; Перевод канала в неисправное состояние
      ADVANCE (Exponential(237,0,TVost2)); Имитация восстановления канала
      FAVAIL P4 ; Перевод в исправное состояние
      TRANSFER ,Met19 ; Отправить для розыгрыша очередного отказа
Met112 RELEASE P4 ; Освобождение канала с номером 1
      TEST E P1,1,Met5 ; Если сообщение 1 категории, то
      TRANSFER ,Met15 ; отправить на повторную передачу

; Сегмент имитации отказов 2 канала связи
Met10  TRANSFER ,(Met10+P1)
Ter1   TERMINATE ;Переданные сообщения 1 категории
Ter2   TERMINATE ;Переданные сообщения 2 категории
Ter3   TERMINATE ;Переданные сообщения 3 категории
Met5   TRANSFER ,(Met5+P1)
Ter4   TERMINATE ;Потерянные сообщения 1 категории
Ter5   TERMINATE ;Потерянные сообщения 2 категории
Ter6   TERMINATE ;Потерянные сообщения 3 категории

;Время моделирования
      GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования
      TEST E TG1,1,Met40 ; Если TG1=1, то расчет результатов
      SAVEVALUE VPerS1,V$VPerS1 ; Вероятность передачи сообщений 1 категории
      SAVEVALUE VPerS2,V$VPerS2 ; Вероятность передачи сообщений 2 категории
      SAVEVALUE VPerS3,V$VPerS3 ; Вероятность передачи сообщений 3 категории
      SAVEVALUE VPotS1,V$VPotS1 ; Вероятность потери сообщений 1 категории
      SAVEVALUE VPotS2,V$VPotS2 ; Вероятность потери сообщений 2 категории
      SAVEVALUE VPotS3,V$VPotS3 ; Вероятность потери сообщений 3 категории
Met40  TERMINATE 1

```

2.4. Модели функционирования системы ремонта

Вариант 14

Постановка задачи

На дежурстве находятся n_1 средств связи (СС) n_2 типов ($n_{21} + n_{22} + \dots + n_{2n_2} = n_2$) в течение n_3 часов.

Каждое СС может в любой момент времени выйти из строя. В этом случае его заменяют резервным, причем либо сразу, либо по мере его появления. Тем временем вышедшие из строя СС ремонтируют, после чего содержат в качестве резервного. Всего количество резервных СС n_4 .

Ремонт неисправных СС производят n_5 мастеров. Время T_1, T_2, \dots, T_{n_2} ремонта случайное и зависит от типа СС, но не зависит от того, какой мастер это СС ремонтирует. Интервалы времени $T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n_2}$ между отказами находящихся на дежурстве СС случайные.

Прибыль от СС, находящихся на дежурстве, составляет S_1 денежных единиц в час. Почасовой убыток при отсутствии на дежурстве одного СС — S_2 денежных единиц. Оплата мастера за ремонт неисправного СС $S_{31}, S_{32}, \dots, S_{3n_2}$ денежных единиц в час. Затраты на содержание одного резервного СС составляют S_4 денежных единиц в час.

Исходные данные

$n_1 = 100;$
 $n_2 = 4;$
 $n_{21} = 25; \quad \text{Exp}(T_{21}) = \text{Exp}(157); \quad \text{Exp}(T_1) = \text{Exp}(7);$
 $n_{22} = 35; \quad \text{Exp}(T_{22}) = \text{Exp}(210); \quad \text{Exp}(T_2) = \text{Exp}(11);$
 $n_{23} = 20; \quad \text{Exp}(T_{23}) = \text{Exp}(240); \quad \text{Exp}(T_3) = \text{Exp}(8);$
 $n_{24} = 20; \quad \text{Exp}(T_{24}) = \text{Exp}(310); \quad \text{Exp}(T_4) = \text{Exp}(6);$
 $n_3 = 48;$
 $n_4 = 1, 2, 3$ первого типа;
 $n_5 = 1, 2, 3;$
 $S_1 = 10; \quad S_2 = 15;$
 $S_{31} = 5; \quad S_{32} = 7;$
 $S_{33} = 9; \quad S_{34} = 6;$
 $S_4 = 8.$

Значения $S_1, S_2, S_{31}, S_{32}, S_{33}, S_{34}, S_4$ исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования системы ремонта СС. Исследовать влияние на ожидаемую прибыль различного количества резервных СС и мастеров. Определить абсолютные величины и относительные коэффициенты ожидаемой прибыли по каждому типу СС и в целом.

Сделать выводы о загруженности СС, мастеров и необходимых мерах по совершенствованию системы ремонта.

Программа модели

```
; Вариант 14
; Модель ремонта средств связи
; Задание номеров матрицам
Prib1 EQU 1 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 1
KPr1 EQU 2 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 1
KZen1 EQU 3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 1
Prib2 EQU 4 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 2
KPr2 EQU 5 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 2
KZen2 EQU 6 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 2
Prib3 EQU 7 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 3
KPr3 EQU 8 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 3
KZen3 EQU 9 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 3
Prib4 EQU 10 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 4
KPr4 EQU 11 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 4
KZen4 EQU 12 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 4
KRem EQU 13 ; Матрица коэффициентов использования Rem
; Задание номеров МКУ, имитирующих дежурство СС
CC1_ EQU 1 ; Задание номера МКУ СС типа 1
CC2_ EQU 2 ; Задание номера МКУ СС типа 2
CC3_ EQU 3 ; Задание номера МКУ СС типа 3
CC4_ EQU 4 ; Задание номера МКУ СС типа 4
; Задание исходных данных
n2 EQU 4 ; Количество типов СС, находящихся на дежурстве
n21_ EQU 25 ; Количество СС типа 1, находящихся на дежурстве
n22_ EQU 35 ; Количество СС типа 2, находящихся на дежурстве
n23_ EQU 20 ; Количество СС типа 3, находящихся на дежурстве
n24_ EQU 20 ; Количество СС типа 4, находящихся на дежурстве
n4_ EQU 1 ; Количество резервных СС типа 2
VrMod EQU 96 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 час
T21_ EQU 157 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 1, час
T22_ EQU 210 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 2, час
T23_ EQU 240 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 3, час
T24_ EQU 310 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 4, час
T1_ EQU 7 ; Среднее время ремонта СС типа 1, час
T2_ EQU 11 ; Среднее время ремонта СС типа 2, час
T3_ EQU 8 ; Среднее время ремонта СС типа 3, час
T4_ EQU 6 ; Среднее время ремонта СС типа 4, час
Stroka EQU 1 ; Номер строки матрицы
Stolbez EQU 1 ; Номер столбца матрицы
S4_ EQU 8 ; Стоимость одного резервного СС
S2_ EQU 15 ; Убыток в случае отсутствия на дежурстве одного СС
S1_ EQU 10 ; Доход от одного СС, находящегося на дежурстве
Prib1 MATRIX ,3,3 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 1
KPr1 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 1
KZen1 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 1
Prib2 MATRIX ,3,3 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 2
KPr2 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 2
KZen2 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 2
Prib3 MATRIX ,3,3 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 3
KPr3 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 3
KZen3 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 3
Prib4 MATRIX ,3,3 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 4
KPr4 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 4
KZen4 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 4
KRem MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования Rem
Pribil MATRIX ,3,3 ; Матрица суммарной прибыли
SrKPrib MATRIX ,3,3 ; Матрица средних коэффициентов прибыли за СС всех типов
SrKIsp MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования СС всех типов
CC1_ STORAGE 25 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 1, находящихся на дежурстве
CC2_ STORAGE 35 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 2, находящихся на дежурстве
CC3_ STORAGE 20 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 3, находящихся на дежурстве
CC4_ STORAGE 20 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 4, находящихся на дежурстве
```

```

Rem      STORAGE    1;    Емкость MKV по количеству мастеров-ремонтников
; Описание арифметических выражений
DoxMax  VARIABLE   VrMod#n21_#S1_          ; Максимальный доход от дежурства СС типа 1
Ubitok  VARIABLE   VrMod#n21_#(1-SR*1/1000)#S2_ ; Убыток от отсутствия на дежурстве СС
типа 1
DoxPol  VARIABLE   X$DoxMax-X$Ubitok      ; Полученный доход от дежурства СС типа 1
StoRem   VARIABLE   (VrMod#SM$Rem#FN$StoMast)#(SR$Rem/1000) ; Стоимость ремонта не-
исправных СС
ZatrResSS VARIABLE   S4_#n4_#VrMod      ; Затраты на содержание резервных СС типа 1
SumPrib  VARIABLE   X$DoxPol-(X$StoRem+X$ZatrResSS) ; Ожидаемая прибыль
KoefPr   VARIABLE   MX*3(Stroka,Stolbez)/X$DoxMax ; Коэффициент прибыли
StoMast  FUNCTION   P1,D4                ; Стоимость оплаты работы одного мастера
1,5/2,7/3,9/4,6

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 1
GENERATE   ,,,1
SPLIT     (n21_-1) ; Размножение транзактов: число СС+число резервных СС
ASSIGN 1,1 ; Код 1 - признак СС типа 1
ASSIGN 2, (Exponential(30,0,T21_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3, (Exponential(31,0,T1_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 1
TRANSFER ,Met1

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 2
GENERATE   ,,,1
SPLIT     (n22_+n4_-1) ; Размножение транзактов: число СС типа 2
ASSIGN 1,2 ; Код 2 - признак СС типа 2
ASSIGN 2, (Exponential(30,0,T22_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3, (Exponential(31,0,T2_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 2
TRANSFER ,Met1

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 3
GENERATE   ,,,1
SPLIT     (n23_-1) ; Размножение транзактов: число СС типа 3
ASSIGN 1,3 ; Код 3 - признак СС типа 3
ASSIGN 2, (Exponential(30,0,T23_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3, (Exponential(31,0,T3_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 3
TRANSFER ,Met1

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 4
GENERATE   ,,,1
SPLIT     (n24_-1) ; Размножение транзактов: число СС типа 4
ASSIGN 1,4 ; Код 4 - признак СС типа 4
ASSIGN 2, (Exponential(30,0,T24_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3, (Exponential(31,0,T4_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 4
TRANSFER ,Met1

; Сегмент имитации дежурства СС
Met1  QUEUE    P1 ; Встать в очередь на дежурство СС типа, номер кото-
рого в P1
ENTER  P1 ; Встать на дежурство СС типа, номер которого в P1
DEPART P1 ; Покинуть очередь на дежурство СС типа, номер кото-
рого в P1
ADVANCE P2 ; Имитация выхода СС типа из строя, номер которого в P2
LEAVE  P1 ; Снятие с дежурства из-за выхода из строя СС типа,
номер которого в P1

; Сегмент имитации ремонтного подразделения
ENTER  Rem ; Занять одного мастера
ADVANCE P3 ; Имитация ремонта
LEAVE  Rem ; Конец ремонта
TRANSFER ,Met1 ; Направить исправное СС на дежурство или в резерв

```

```

; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов
GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования
TEST E TG1,1,Met2 ; Если TG1=1, то расчет результатов
ASSIGN 3,-2 ; Подготовка к циклу
ASSIGN 1,0 ; Подготовка к циклу
ASSIGN 2,0 ; Подготовка к циклу
Met23 ASSIGN 2+,1 ; Начало цикла изменения номеров матриц
ASSIGN 1+,1 ; Начало цикла изменения типов СС
ASSIGN 3+,3 ; Начало цикла изменения номеров матриц, хранящих
прибыль
SAVEVALUE DoxMax,V$DoxMax ; Максимально возможный доход от дежурства СС
SAVEVALUE Ubitok,V$Ubitok ; Убыток
SAVEVALUE DoxPol,V$DoxPol ; Полученный доход от дежурства СС
SAVEVALUE StoRem,V$StoRem ; Затраты на ремонт
SAVEVALUE ZatrResSS,V$ZatrResSS ; Затраты на резервные СС

; Расчет ожидаемой прибыли
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,V$SumPrib ; Прибыль по типу СС
SAVEVALUE 10,V$SumPrib
MSAVEVALUE Pribil+,Stroka,Stolbez,X10 ; Суммарная прибыль по СС всех типов

ASSIGN 2+,1
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,V$KoeffPr ; Коэффициент прибыли
MSAVEVALUE SrKPrib+,Stroka,Stolbez,(V$KoeffPr/4) ; Средний коэффициент прибыли
по СС всех типов
ASSIGN 2+,1
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,(SR*1/1000) ; Коэффициент использования типа СС
MSAVEVALUE SrKIsp+,Stroka,Stolbez,(SR*1/(1000#4)) ; Средний коэффициент
использования СС всех типов
TEST GE P1,n2_,Met23
MSAVEVALUE 13,Stroka,Stolbez,(SR$Rem/1000) ; Коэффициент использования Rem
Met2 TERMINATE 1
START 2000,NP ; Вариант 1: Резервных СС=1, мастеров=1
n4_ EQU 2
Stolbez EQU 2
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 2: Резервных СС=2, мастеров=1
n4_ EQU 3
Stolbez EQU 3
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 3: Резервных СС=3, мастеров=1
n4_ EQU 1
Rem STORAGE 2
Stroka EQU 2
Stolbez EQU 1
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 4: Резервных СС=1, мастеров=2
n4_ EQU 2
Stolbez EQU 2
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 5: Резервных СС=2, мастеров=2
n4_ EQU 3
Stolbez EQU 3
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 6: Резервных СС=3, мастеров=2
n4_ EQU 1
Rem STORAGE 3
Stroka EQU 3
Stolbez EQU 1
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 7: Резервных СС=1, мастеров=3
n4_ EQU 2
Stolbez EQU 2
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 8: Резервных СС=2, мастеров=3

```

n4_ EQU 3
Stolbez EQU 3
CLEAR OFF
START 2000

; Вариант 9: Резервных СС=3, мастеров=3

Вариант 15

Постановка задачи

На дежурстве находятся n_1 средств связи (СС) n_2 типов ($n_{21} + n_{22} + \dots + n_{2n_2} = n_2$) в течение n_3 часов.

Каждое СС может в любой момент времени выйти из строя. В этом случае его заменяют резервным, причем либо сразу, либо по мере его появления. Тем временем вышедшие из строя СС ремонтируют, после чего содержат в качестве резервного. Всего количество резервных СС n_4 .

Ремонт неисправных СС производят n_5 мастеров. Время T_1, T_2, \dots, T_{n_2} ремонта случайное и зависит от типа СС, но не зависит от того, какой мастер это СС ремонтирует. Интервалы времени $T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n_2}$ между отказами находящихся на дежурстве СС случайные.

Прибыль от СС, находящихся на дежурстве, составляет S_1 денежных единиц в час. Почасовой убыток при отсутствии на дежурстве одного СС – S_2 денежных единиц. Оплата мастера за ремонт неисправного СС $S_{31}, S_{32}, \dots, S_{3n_2}$ денежных единиц в час. Затраты на содержание одного резервного СС составляют S_4 денежных единиц в час.

Исходные данные

$n_1 = 200;$
 $n_2 = 4;$
 $n_{21} = 50;$ $\text{Exp}(T_{21}) = \text{Exp}(257);$ $\text{Exp}(T_1) = \text{Exp}(6);$
 $n_{22} = 40;$ $\text{Exp}(T_{22}) = \text{Exp}(163);$ $\text{Exp}(T_2) = \text{Exp}(4);$
 $n_{23} = 70;$ $\text{Exp}(T_{23}) = \text{Exp}(182);$ $\text{Exp}(T_3) = \text{Exp}(7);$
 $n_{24} = 40;$ $\text{Exp}(T_{24}) = \text{Exp}(191);$ $\text{Exp}(T_4) = \text{Exp}(5);$
 $n_3 = 96;$
 $n_4 = 1, 2, 3$ второго типа;
 $n_5 = 1, 2, 3;$
 $S_1 = 15;$ $S_2 = 25;$
 $S_{31} = 6;$ $S_{32} = 5.5;$
 $S_{33} = 7.2;$ $S_{34} = 8;$
 $S_4 = 8.$

Значения $S_1, S_2, S_{31}, S_{32}, S_{33}, S_{34}, S_4$ исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования системы ремонта СС. Исследовать влияние на ожидаемую прибыль прибыли S_1 и затрат $S_2, S_{31}, S_{32}, S_{33}, S_{34}$ при различном количестве резервных СС и мастеров. Определить абсолютные величины и относительные коэффициенты ожидаемой прибыли по каждому типу СС и в целом.

Сделать выводы о загруженности СС, мастеров и необходимых мерах по совершенствованию системы ремонта.

Программа модели

```
; Вариант 15
; Модель ремонта средств связи
; Задание номеров матрицам
Prib1 EQU 1 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 1
KPr1 EQU 2 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 1
KZen1 EQU 3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 1
Prib2 EQU 4 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 2
KPr2 EQU 5 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 2
KZen2 EQU 6 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 2
Prib3 EQU 7 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 3
KPr3 EQU 8 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 3
KZen3 EQU 9 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 3
Prib4 EQU 10 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 4
KPr4 EQU 11 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 4
KZen4 EQU 12 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 4
KRem EQU 13 ; Матрица коэффициентов использования Rem
; Задание номеров МКУ, имитирующих дежурство СС
CC1_ EQU 1 ; Задание номера МКУ СС типа 1
CC2_ EQU 2 ; Задание номера МКУ СС типа 2
CC3_ EQU 3 ; Задание номера МКУ СС типа 3
CC4_ EQU 4 ; Задание номера МКУ СС типа 4
; Задание исходных данных
n2 EQU 4 ; Количество типов СС, находящихся на дежурстве
n21_ EQU 50 ; Количество СС типа 1, находящихся на дежурстве
n22_ EQU 40 ; Количество СС типа 2, находящихся на дежурстве
n23_ EQU 70 ; Количество СС типа 3, находящихся на дежурстве
n24_ EQU 40 ; Количество СС типа 4, находящихся на дежурстве
n4_ EQU 1 ; Количество резервных СС типа 2
VrMod EQU 96 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 час
T21_ EQU 257 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 1, час
T22_ EQU 163 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 2, час
T23_ EQU 182 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 3, час
T24_ EQU 191 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 4, час
T1_ EQU 6 ; Среднее время ремонта СС типа 1, час
T2_ EQU 4 ; Среднее время ремонта СС типа 2, час
T3_ EQU 7 ; Среднее время ремонта СС типа 3, час
T4_ EQU 5 ; Среднее время ремонта СС типа 4, час
Stroka EQU 1 ; Номер строки матрицы
Stolbez EQU 1 ; Номер столбца матрицы
S4_ EQU 8 ; Стоимость одного резервного СС
S2_ EQU 25 ; Убыток в случае отсутствия на дежурстве одного СС
S1_ EQU 15 ; Доход от одного СС, находящегося на дежурстве
Prib1 MATRIX ,3,3 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 1
KPr1 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 1
KZen1 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 1
Prib2 MATRIX ,3,3 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 2
KPr2 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 2
KZen2 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 2
Prib3 MATRIX ,3,3 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 3
KPr3 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 3
KZen3 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 3
Prib4 MATRIX ,3,3 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 4
KPr4 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 4
KZen4 MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 4
KRem MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования Rem
Pribil MATRIX ,3,3 ; Матрица суммарной прибыли
SrKPrib MATRIX ,3,3 ; Матрица средних коэффициентов прибыли за СС всех типов
SrKIsp MATRIX ,3,3 ; Матрица коэффициентов использования СС всех типов
CC1_ STORAGE 50 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 1, находящихся на дежурстве
CC2_ STORAGE 40 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 2, находящихся на дежурстве
CC3_ STORAGE 70 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 3, находящихся на дежурстве
CC4_ STORAGE 40 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 4, находящихся на дежурстве
```

```

Rem      STORAGE  1;   Емкость MKV по количеству мастеров-ремонтников
; Описание арифметических выражений
DoxMax  VARIABLE  VrMod#n21_#S1_           ; Максимальный доход от дежурства СС типа 1
Ubitok  VARIABLE  VrMod#n21_#(1-SR*1/1000)#S2_ ; Убыток от отсутствия на дежурстве СС
типа 1
DoxPol  VARIABLE  X$DoxMax-X$Ubitok        ; Полученный доход от дежурства СС типа 1
StoRem   VARIABLE  (VrMod#SM$Rem#FN$StoMast)#(SR$Rem/1000) ; Стоимость ремонта не-
исправных СС
ZatrResSS VARIABLE  S4_#n4_#VrMod        ; Затраты на содержание резервных СС типа 1
SumPrib  VARIABLE  X$DoxPol-(X$StoRem+X$ZatrResSS) ; Ожидаемая прибыль
KoefPr   VARIABLE  MX*3(Stroka,Stolbez)/X$DoxMax ; Коэффициент прибыли
StoMast  FUNCTION  P1,D4                  ; Стоимость оплаты работы одного мастера
1,6/2,5.5/3,7.2/4,8

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 1
GENERATE  ,,,1
SPLIT    (n21_-1) ; Размножение транзактов: число СС+число резервных СС
ASSIGN 1,1 ; Код 1 - признак СС типа 1
ASSIGN 2,(Exponential(30,0,T21_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3,(Exponential(31,0,T1_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 1
TRANSFER ,Met1

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 2
GENERATE  ,,,1
SPLIT    (n22_+n4_-1) ; Размножение транзактов: число СС типа 2
ASSIGN 1,2 ; Код 2 - признак СС типа 2
ASSIGN 2,(Exponential(30,0,T22_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3,(Exponential(31,0,T2_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 2
TRANSFER ,Met1

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 3
GENERATE  ,,,1
SPLIT    (n23_-1) ; Размножение транзактов: число СС типа 3
ASSIGN 1,3 ; Код 3 - признак СС типа 3
ASSIGN 2,(Exponential(30,0,T23_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3,(Exponential(31,0,T3_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 3
TRANSFER ,Met1

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 4
GENERATE  ,,,1
SPLIT    (n24_-1) ; Размножение транзактов: число СС типа 4
ASSIGN 1,4 ; Код 4 - признак СС типа 4
ASSIGN 2,(Exponential(30,0,T24_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3,(Exponential(31,0,T4_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 4
TRANSFER ,Met1

; Сегмент имитации дежурства СС
Met1  QUEUE  P1 ; Встать в очередь на дежурство СС типа, номер которого в P1
ENTER  P1 ; Встать на дежурство СС типа, номер которого в P1
DEPART P1; Покинуть очередь на дежурство СС типа, номер которого в P1
ADVANCE P2 ; Имитация выхода СС типа из строя, номер которого в P2
LEAVE  P1 ; Снятие с дежурства из-за выхода из строя СС типа, номер которого
в P1

; Сегмент имитации ремонтного подразделения
ENTER  Rem ; Занять одного мастера
ADVANCE P3 ; Имитация ремонта
LEAVE  Rem ; Конец ремонта
TRANSFER ,Met1 ; Направить исправное СС на дежурство или в резерв

; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов

```

```

GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования
TEST E TG1,1,Met2 ; Если TG1=1, то расчет результатов
ASSIGN 3,-2 ; Подготовка к циклу
ASSIGN 1,0 ; Подготовка к циклу
ASSIGN 2,0 ; Подготовка к циклу
Met23 ASSIGN 2+,1 ; Начало цикла изменения номеров матриц
ASSIGN 1+,1 ; Начало цикла изменения типов СС
ASSIGN 3+,3 ; Начало цикла изменения номеров матриц, хранящих
прибыль
SAVEVALUE DoxMax,V$DoxMax ; Максимально возможный доход от дежурства СС
SAVEVALUE Ubitok,V$Ubitok ; Убыток
SAVEVALUE DoxPol,V$DoxPol ; Полученный доход от дежурства СС
SAVEVALUE StoRem,V$StoRem ; Затраты на ремонт
SAVEVALUE ZatrResSS,V$ZatrResSS ; Затраты на резервные СС

; Расчет ожидаемой прибыли
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,V$SumPrib ; Прибыль по типу СС
SAVEVALUE 10,V$SumPrib
MSAVEVALUE Pribil+,Stroka,Stolbez,X10 ; Суммарная прибыль по СС всех типов

ASSIGN 2+,1
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,V$KoeffPr ; Коэффициент прибыли
MSAVEVALUE SrKPrib+,Stroka,Stolbez,(V$KoeffPr/4) ; Средний коэффициент прибыли
по СС всех типов
ASSIGN 2+,1
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,(SR*1/1000) ; Коэффициент использования типа СС
MSAVEVALUE SrKIsp+,Stroka,Stolbez,(SR*1/(1000#4)) ; Средний коэффициент
использования СС всех типов
TEST GE P1,n2_,Met23
MSAVEVALUE 13,Stroka,Stolbez,(SR$Rem/1000) ; Коэффициент использования Rem
Met2 TERMINATE 1
START 2000,NP ; Вариант 1: Резервных СС=1, мастеров=1

n4_ EQU 2
Stolbez EQU 2
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 2: Резервных СС=2, мастеров=1
n4_ EQU 3
Stolbez EQU 3
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 3: Резервных СС=3, мастеров=1
n4_ EQU 1
Rem STORAGE 2
Stroka EQU 2
Stolbez EQU 1
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 4: Резервных СС=1, мастеров=2
n4_ EQU 2
Stolbez EQU 2
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 5: Резервных СС=2, мастеров=2
n4_ EQU 3
Stolbez EQU 3
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 6: Резервных СС=3, мастеров=2
n4_ EQU 1
Rem STORAGE 3
Stroka EQU 3
Stolbez EQU 1
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 7: Резервных СС=1, мастеров=3
n4_ EQU 2
Stolbez EQU 2
CLEAR OFF
START 2000,NP ; Вариант 8: Резервных СС=2, мастеров=3

```

n4_ EQU 3
Stolbez EQU 3
CLEAR OFF
START 2000

; Вариант 9: Резервных СС=3, мастеров=3

Вариант 16

Постановка задачи

На дежурстве находятся n_1 средств связи (СС) n_2 типов ($n_{21} + n_{22} + \dots + n_{2n_2} = n_2$) в течение n_3 часов.

Каждое СС может в любой момент времени выйти из строя. В этом случае его заменяют резервным, причем либо сразу, либо по мере его появления. Тем временем вышедшие из строя СС ремонтируют, после чего содержат в качестве резервного. Всего количество резервных СС n_4 .

Ремонт неисправных СС производят n_5 мастеров. Время T_1, T_2, \dots, T_{n_2} ремонта случайное и зависит от типа СС, но не зависит от того, какой мастер это СС ремонтирует. Интервалы времени $T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n_2}$ между отказами находящихся на дежурстве СС случайные.

Прибыль от СС, находящихся на дежурстве, составляет S_1 денежных единиц в час. Почасовой убыток при отсутствии на дежурстве одного СС — S_2 денежных единиц. Оплата мастера за ремонт неисправного СС $S_{31}, S_{32}, \dots, S_{3n_2}$ денежных единиц в час. Затраты на содержание одного резервного СС составляют S_4 денежных единиц в час.

Исходные данные

$n_1 = 300;$
 $n_2 = 5;$
 $n_{21} = 35; \quad \text{Exp}(T_{21}) = \text{Exp}(373); \quad \text{Exp}(T_1) = \text{Exp}(6.5);$
 $n_{22} = 100; \quad \text{Exp}(T_{22}) = \text{Exp}(301); \quad \text{Exp}(T_2) = \text{Exp}(4.2);$
 $n_{23} = 60; \quad \text{Exp}(T_{23}) = \text{Exp}(382); \quad \text{Exp}(T_3) = \text{Exp}(2.8);$
 $n_{24} = 45; \quad \text{Exp}(T_{24}) = \text{Exp}(325); \quad \text{Exp}(T_4) = \text{Exp}(3);$
 $n_{25} = 60; \quad \text{Exp}(T_{25}) = \text{Exp}(470); \quad \text{Exp}(T_5) = \text{Exp}(5.5);$
 $n_3 = 240; \Delta T = 48;$
 $n_4 = 3, 4, 5$ третьего типа;
 $n_5 = 5, 6, 7;$
 $S_1 = 20; \quad S_2 = 30;$
 $S_{31} = 7; \quad S_{32} = 8;$
 $S_{33} = 6; \quad S_{34} = 10;$
 $S_{35} = 8;$
 $S_4 = 11.$

Значения $S_1, S_2, S_{31}, S_{32}, S_{33}, S_{34}, S_{35}, S_4$ исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования системы ремонта СС. Исследовать через промежутки времени ΔT влияние на ожидаемую прибыль различного количества резервных СС и мастеров. Определить абсолютные величины и относительные коэффициенты ожидаемой прибыли для каждого промежутка ΔT по каждому типу СС и в целом.

Сделать выводы о загруженности СС, мастеров по промежуткам ΔT и необходимых мерах по совершенствованию системы ремонта.

Программа модели

```
; Вариант 16
; Модель ремонта средств связи
; Задание номеров матрицам
Prib1 EQU 1 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 1
KPr1 EQU 2 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 1
KZen1 EQU 3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 1
Prib2 EQU 4 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 2
KPr2 EQU 5 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 2
KZen2 EQU 6 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 2
Prib3 EQU 7 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 3
KPr3 EQU 8 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 3
KZen3 EQU 9 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 3
Prib4 EQU 10 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 4
KPr4 EQU 11 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 4
KZen4 EQU 12 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 4
Prib5 EQU 13 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 5
KPr5 EQU 14 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 5
KZen5 EQU 15 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 5
KRem EQU 16 ; Матрица коэффициентов использования Rem
; Задание номеров МКУ, имитирующих дежурство СС
CC1_ EQU 1 ; Задание номера МКУ СС типа 1
CC2_ EQU 2 ; Задание номера МКУ СС типа 2
CC3_ EQU 3 ; Задание номера МКУ СС типа 3
CC4_ EQU 4 ; Задание номера МКУ СС типа 4
CC5_ EQU 5 ; Задание номера МКУ СС типа 5
; Задание исходных данных
n2 EQU 5 ; Количество типов СС, находящихся на дежурстве
n21_ EQU 35 ; Количество СС типа 1, находящихся на дежурстве
n22_ EQU 100 ; Количество СС типа 2, находящихся на дежурстве
n23_ EQU 60 ; Количество СС типа 3, находящихся на дежурстве
n24_ EQU 45 ; Количество СС типа 4, находящихся на дежурстве
n25_ EQU 60 ; Количество СС типа 5, находящихся на дежурстве
n4_ EQU 3 ; Количество резервных СС типа 2
VrMod EQU 48 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 час
T21_ EQU 373 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 1, час
T22_ EQU 301 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 2, час
T23_ EQU 382 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 3, час
T24_ EQU 325 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 4, час
T25_ EQU 470 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 5, час
T1_ EQU 6.5 ; Среднее время ремонта СС типа 1, час
T2_ EQU 4.2 ; Среднее время ремонта СС типа 2, час
T3_ EQU 2.8 ; Среднее время ремонта СС типа 3, час
T4_ EQU 3 ; Среднее время ремонта СС типа 4, час
T5_ EQU 5.5 ; Среднее время ремонта СС типа 5, час
Stroka EQU 1 ; Номер строки матрицы
Stolbez EQU 1 ; Номер столбца матрицы
S4_ EQU 11 ; Стоимость одного резервного СС
S2_ EQU 30 ; Убыток в случае отсутствия на дежурстве одного СС
S1_ EQU 20 ; Доход от одного СС, находящегося на дежурстве
Prib1 MATRIX ,3,5 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 1
KPr1 MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 1
KZen1 MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 1
Prib2 MATRIX ,3,5 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 2
KPr2 MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 2
KZen2 MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 2
Prib3 MATRIX ,3,5 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 3
KPr3 MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 3
```

```

KZen3 MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 3
Prib4 MATRIX ,3,5 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 4
KPr4 MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 4
KZen4 MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 4
Prib5 MATRIX ,3,5 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 5
KPr5 MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 5
KZen5 MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 5
KRem MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов использования Rem
Prib1l MATRIX ,3,5 ; Матрица суммарной прибыли
SrKPr4 MATRIX ,3,5 ; Матрица средних коэффициентов прибыли за СС всех типов
SrKIsP MATRIX ,3,5 ; Матрица коэффициентов использования СС всех типов
CC1_ STORAGE 35 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 1, находящихся на дежурстве
CC2_ STORAGE 100 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 2, находящихся на дежурстве
CC3_ STORAGE 60 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 3, находящихся на дежурстве
CC4_ STORAGE 45 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 4, находящихся на дежурстве
CC5_ STORAGE 60 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 5, находящихся на дежурстве
Rem STORAGE 5 ; Емкость МКУ по количеству мастеров-ремонтников
; Описание арифметических выражений
DoxMax VARIABLE VrMod#n21_#S1_ ; Максимальный доход от дежурства СС типа 1
Ubitok VARIABLE VrMod#n21_#(1-SR*1/1000)#S2_ ; Убыток от отсутствия на дежурстве СС
типа 1
DoxPol VARIABLE X$DoxMax-X$Ubitok ; Полученный доход от дежурства СС типа 1
StoRem VARIABLE (VrMod#SM$Rem#FN$StoMast)#(SR$Rem/1000) ; Стоимость ремонта не-
исправных СС
ZatrResSS VARIABLE S4_#n4_#VrMod ; Затраты на содержание резервных СС типа 1
SumPrib VARIABLE X$DoxPol-(X$StoRem+X$ZatrResSS) ; Ожидаемая прибыль
KoefPr VARIABLE MX*3(Stroka,Stolbez)/X$DoxMax ; Коэффициент прибыли
StoMast FUNCTION P1,D5 ; Стоимость оплаты работы одного мастера
1,7/2,8/3,6/4,10/5,8

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 1
GENERATE ,,,1
SPLIT (n21_-1) ; Размножение транзактов: число СС+число резервных СС
ASSIGN 1,1 ; Код 1 - признак СС типа 1
ASSIGN 2,(Exponential(30,0,T21_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3,(Exponential(31,0,T1_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 1
TRANSFER ,Met1

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 2
GENERATE ,,,1
SPLIT (n22_-1) ; Размножение транзактов: число СС типа 2
ASSIGN 1,2 ; Код 2 - признак СС типа 2
ASSIGN 2,(Exponential(30,0,T22_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3,(Exponential(31,0,T2_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 2
TRANSFER ,Met1

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 3
GENERATE ,,,1
SPLIT (n23_+n4_-1) ; Размножение транзактов: число СС типа 3
ASSIGN 1,3 ; Код 3 - признак СС типа 3
ASSIGN 2,(Exponential(30,0,T23_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3,(Exponential(31,0,T3_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 3
TRANSFER ,Met1

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 4
GENERATE ,,,1
SPLIT (n24_-1) ; Размножение транзактов: число СС типа 4
ASSIGN 1,4 ; Код 4 - признак СС типа 4
ASSIGN 2,(Exponential(30,0,T24_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3,(Exponential(31,0,T4_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 4
TRANSFER ,Met1

```

```

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 5
GENERATE    ,, ,1
SPLIT      (n25_-1)          ; Размножение транзактов: число СС типа 5
ASSIGN 1,5                      ; Код 5 - признак СС типа 5
ASSIGN 2, (Exponential(30,0,T25_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3, (Exponential(31,0,T5_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 5
TRANSFER ,Met1

; Сегмент имитации дежурства СС
Met1  QUEUE    P1; Встать в очередь на дежурство СС типа, номер которого в P1
ENTER  P1          ; Встать на дежурство СС типа, номер которого в P1
DEPART P1; Покинуть очередь на дежурство СС типа, номер которого в P1
ADVANCE P2 ; Имитация выхода СС типа из строя, номер которого в P2
LEAVE  P1 ; Снятие с дежурства из-за выхода из строя СС типа, номер которого
в P1

; Сегмент имитации ремонтного подразделения
ENTER  Rem          ; Занять одного мастера
ADVANCE P3          ; Имитация ремонта
LEAVE  Rem          ; Конец ремонта
TRANSFER ,Met1      ; Направить исправное СС на дежурство или в резерв

; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов
GENERATE VrMod
TEST E   TG1,1,Met2
ASSIGN   3,-2          ; Подготовка к циклу
ASSIGN   1,0          ; Подготовка к циклу
ASSIGN   2,0          ; Подготовка к циклу
Met23  ASSIGN 2+,1      ; Начало цикла изменения номеров матриц
ASSIGN 1+,1          ; Начало цикла изменения типов СС
ASSIGN 3+,3 ; Начало цикла изменения номеров матриц, хранящих прибыль
SAVEVALUE DoxMax,V$DoxMax ; Максимально возможный доход от дежурства СС
SAVEVALUE Ubitok,V$Ubitok ; Убыток
SAVEVALUE DoxPol,V$DoxPol ; Полученный доход от дежурства СС
SAVEVALUE StoRem,V$StoRem ; Затраты на ремонт
SAVEVALUE ZatrResSS,V$ZatrResSS ; Затраты на резервные СС

; Расчет ожидаемой прибыли
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,V$SumPrib ; Прибыль по типу СС
SAVEVALUE 10,V$SumPrib
MSAVEVALUE Pribil+,Stroka,Stolbez,X10 ; Суммарная прибыль по СС всех типов
ASSIGN 2+,1
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,V$KoeffPr ; Коэффициент прибыли
MSAVEVALUE SrKPrib+,Stroka,Stolbez,(V$KoeffPr/5); Средний коэффициент прибыли
по СС всех типов
ASSIGN 2+,1
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,(SR*1/1000) ; Коэффициент использования типа СС
MSAVEVALUE SrKIsp+,Stroka,Stolbez,(SR*1/(1000#5)) ; Средний коэффициент
использования СС всех типов
TEST GE P1,n2_,Met23
MSAVEVALUE 16,Stroka,Stolbez,(SR$Rem/1000); Коэффициент использования Rem
Met2  TERMINATE 1
Stolbez START 2000,NP          ; Неделя 1: Резервных СС=3, мастеров=5
EQU 2
RESET
Stolbez START 2000,NP          ; Неделя 2: Резервных СС=3, мастеров=5
EQU 3
RESET
Stolbez START 2000,NP          ; Неделя 3: Резервных СС=3, мастеров=5
EQU 4
RESET
Stolbez START 2000,NP          ; Неделя 4: Резервных СС=3, мастеров=5
EQU 5

```

```

        RESET
        START      2000,NP          ; Неделя 5: Резервных СС=3, мастеров=5
n4_     EQU        4
Rem     STORAGE   6
Stroka EQU        2
Stolbez EQU       1
        CLEAR     OFF
        START      2000,NP          ; Неделя 1: Резервных СС=4, мастеров=6
Stolbez EQU       2
        CLEAR     OFF
        START      2000,NP          ; Неделя 2: Резервных СС=4, мастеров=6
Stolbez EQU       3
        CLEAR     OFF
        START      2000,NP          ; Неделя 3: Резервных СС=4, мастеров=6
Stolbez EQU       4
        RESET
        START      2000,NP          ; Неделя 4: Резервных СС=4, мастеров=6
Stolbez EQU       5
        RESET
        START      2000,NP          ; Неделя 5: Резервных СС=4, мастеров=6
n4_     EQU        5
Rem     STORAGE   7
Stroka EQU        3
Stolbez EQU       1
        CLEAR     OFF
        START      2000,NP          ; Неделя 1: Резервных СС=5, мастеров=7
Stolbez EQU       2
        CLEAR     OFF
        START      2000,NP          ; Неделя 2: Резервных СС=5, мастеров=7
Stolbez EQU       3
        CLEAR     OFF
        START      2000,NP          ; Неделя 3: Резервных СС=5, мастеров=7
Stolbez EQU       4
        RESET
        START      2000,NP          ; Неделя 4: Резервных СС=5, мастеров=7
Stolbez EQU       5
        RESET
        START      2000              ; Неделя 5: Резервных СС=5, мастеров=7

```

Вариант 17

Постановка задачи

На дежурстве находятся n_1 средств связи (СС) n_2 типов ($n_{21} + n_{22} + \dots + n_{2n_2} = n_2$) в течение n_3 часов.

Каждое СС может в любой момент времени выйти из строя. В этом случае его заменяют резервным, причем либо сразу, либо по мере его появления. Тем временем вышедшие из строя СС ремонтируют, после чего содержат в качестве резервного. Всего количество резервных СС n_4 .

Ремонт неисправных СС производят n_5 мастеров. Время T_1, T_2, \dots, T_{n_2} ремонта случайное и зависит от типа СС, но не зависит от того, какой мастер это СС ремонтирует. Интервалы времени $T_{21}, T_{22}, \dots, T_{2n_2}$ между отказами находящихся на дежурстве СС случайные.

Прибыль от СС, находящихся на дежурстве, составляет S_1 денежных единиц в час. Почасовой убыток при отсутствии на дежурстве одного СС — S_2 денежных единиц. Оплата мастера за ремонт неисправного СС $S_{31}, S_{32}, \dots, S_{3n_2}$ денежных единиц в час. Затраты на содержание одного резервного СС составляют S_4 денежных единиц в час.

Исходные данные

```
n1 = 420;
n2 = 4;
n21 = 120;      Exp(T21) = Exp(373);      Exp(T1) = Exp(6.5);
n22 = 100;      Exp(T22) = Exp(301);      Exp(T2) = Exp(4.2);
n23 = 90;       Exp(T23) = Exp(382);      Exp(T3) = Exp(2.8);
n24 = 110;      Exp(T24) = Exp(325);      Exp(T4) = Exp(3);
n3 = 240; ΔT = 48;
n4 = 2, 3, 4 третьего типа;
S1 = 20;        S2 = 30;
S31 = 7;        S32 = 8;
S33 = 6;        S34 = 10;
S4 = 11.
```

Значения $S_1, S_2, S_{31}, S_{32}, S_{33}, S_{34}, S_4$ исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования системы ремонта СС. Исследовать через промежутки времени ΔT влияние на ожидаемую прибыль различного количества резервных СС и мастеров. Определить абсолютные величины и относительные коэффициенты ожидаемой прибыли для каждого промежутка ΔT по каждому типу СС и в целом.

Сделать выводы о загруженности СС, мастеров по промежуткам ΔT и необходимых мерах по совершенствованию системы ремонта.

Программа модели

```
; Вариант 17
; Модель ремонта средств связи
; Задание номеров матрицам
Prib1 EQU 1 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 1
KPr1 EQU 2 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 1
KZen1 EQU 3 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 1
Prib2 EQU 4 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 2
KPr2 EQU 5 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 2
KZen2 EQU 6 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 2
Prib3 EQU 7 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 3
KPr3 EQU 8 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 3
KZen3 EQU 9 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 3
Prib4 EQU 10 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 4
KPr4 EQU 11 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 4
KZen4 EQU 12 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 4
KRem EQU 13 ; Матрица коэффициентов использования Rem
; Задание номеров МКУ, имитирующих дежурство СС
CC1_ EQU 1 ; Задание номера МКУ СС типа 1
CC2_ EQU 2 ; Задание номера МКУ СС типа 2
CC3_ EQU 3 ; Задание номера МКУ СС типа 3
CC4_ EQU 4 ; Задание номера МКУ СС типа 4
CC5_ EQU 5 ; Задание номера МКУ СС типа 5
; Задание исходных данных
n2_ EQU 4 ; Количество типов СС, находящихся на дежурстве
n21_ EQU 120 ; Количество СС типа 1, находящихся на дежурстве
n22_ EQU 100 ; Количество СС типа 2, находящихся на дежурстве
n23_ EQU 90 ; Количество СС типа 3, находящихся на дежурстве
```

```

n24_ EQU 110 ; Количество СС типа 4, находящихся на дежурстве
n4_ EQU 2 ; Количество резервных СС типа 4
VrMod EQU 48 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 час
T21_ EQU 373 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 1, час
T22_ EQU 301 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 2, час
T23_ EQU 382 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 3, час
T24_ EQU 325 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 4, час
T25_ EQU 470 ; Среднее время наработки до отказа СС типа 5, час
T1_ EQU 6.5 ; Среднее время ремонта СС типа 1, час
T2_ EQU 4.2 ; Среднее время ремонта СС типа 2, час
T3_ EQU 2.8 ; Среднее время ремонта СС типа 3, час
T4_ EQU 3 ; Среднее время ремонта СС типа 4, час
T5_ EQU 5.5 ; Среднее время ремонта СС типа 5, час
Stroka EQU 1 ; Номер строки матрицы
Stolbez EQU 1 ; Номер столбца матрицы
S4_ EQU 11 ; Стоимость одного резервного СС
S2_ EQU 30 ; Убыток в случае отсутствия на дежурстве одного СС
S1_ EQU 20 ; Доход от одного СС, находящегося на дежурстве
Prib1 MATRIX ,3,4 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 1
KPr1 MATRIX ,3,4 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 1
KZen1 MATRIX ,3,4 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 1
Prib2 MATRIX ,3,4 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 2
KPr2 MATRIX ,3,4 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 2
KZen2 MATRIX ,3,4 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 2
Prib3 MATRIX ,3,4 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 3
KPr3 MATRIX ,3,4 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 3
KZen3 MATRIX ,3,4 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 3
Prib4 MATRIX ,3,4 ; Матрица ожидаемой прибыли СС типа 4
KPr4 MATRIX ,3,4 ; Матрица коэффициентов ожидаемой прибыли СС типа 4
KZen4 MATRIX ,3,4 ; Матрица коэффициентов использования СС типа 4
KRem MATRIX ,3,4 ; Матрица коэффициентов использования Rem
Prib1l MATRIX ,3,4 ; Матрица суммарной прибыли
SrKPr1b MATRIX ,3,4 ; Матрица средних коэффициентов прибыли за СС всех типов
SrK1sp MATRIX ,3,4 ; Матрица коэффициентов использования СС всех типов
CC1_ STORAGE 35 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 1, находящихся на дежурстве
CC2_ STORAGE 100 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 2, находящихся на дежурстве
CC3_ STORAGE 60 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 3, находящихся на дежурстве
CC4_ STORAGE 45 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 4, находящихся на дежурстве
CC5_ STORAGE 60 ; Емкость МКУ по количеству СС типа 5, находящихся на дежурстве
Rem STORAGE 3 ; Емкость МКУ по количеству мастеров-ремонтников
; Описание арифметических выражений
DoxMax VARIABLE VrMod#n21_#FN$S1_ ; Максимальный доход от дежурства СС типа 1
Ubitok VARIABLE VrMod#n21_#(1-SR*1/1000)#FN$S2_ ; Убыток от отсутствия на дежурстве
СС типа 1
DoxPol VARIABLE X$DoxMax-X$Ubitok ; Полученный доход от дежурства СС типа 1
StoRem VARIABLE (VrMod#SM$Rem#FN$StoMast)#(SR$Rem/1000) ; Стоимость ремонта не-
исправных СС
ZatrResSS VARIABLE S4_#n4_#VrMod ; Затраты на содержание резервных СС типа 1
SumPrib VARIABLE X$DoxPol-(X$StoRem+X$ZatrResSS) ; Ожидаемая прибыль
KoefPr VARIABLE MX*3(Stroka,Stolbez)/X$DoxMax ; Коэффициент прибыли
StoMast FUNCTION P1,D4 ; Стоимость оплаты работы одного мастера
1,7/2,8/3,6/4,10
S1_ FUNCTION P1,D4 ; Доход от одного СС, находящегося на дежурстве
1,20/2,25/3,28/4,32
S2_ FUNCTION P1,D4 ; Убыток от одного СС, не находящегося на дежурстве
1,18/2,27/3,31/4,34
; Сегмент постановки на дежурство СС типа 1
GENERATE ,,,1
SPLIT (n21_-1) ; Размножение транзактов: число СС+число резервных СС
ASSIGN 1,1 ; Код 1 - признак СС типа 1
ASSIGN 2,(Exponential(30,0,T21_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3,(Exponential(31,0,T1_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 1
TRANSFER ,Met1

```

```

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 2
GENERATE    ,,,1
SPLIT      (n22_-1)      ; Размножение транзактов: число СС типа 2
ASSIGN 1,2      ; Код 2 - признак СС типа 2
ASSIGN 2, (Exponential(30,0,T22_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3, (Exponential(31,0,T2_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 2
TRANSFER ,Met1

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 3
GENERATE    ,,,1
SPLIT      (n23_-1)      ; Размножение транзактов: число СС типа 3
ASSIGN 1,3      ; Код 3 - признак СС типа 3
ASSIGN 2, (Exponential(30,0,T23_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3, (Exponential(31,0,T3_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 3
TRANSFER ,Met1

; Сегмент постановки на дежурство СС типа 4
GENERATE    ,,,1
SPLIT      (n24_+n4_-1)  ; Размножение транзактов: число СС типа 4
ASSIGN 1,4      ; Код 4 - признак СС типа 4
ASSIGN 2, (Exponential(30,0,T24_)) ; Занесение в P2 времени наработки на отказ,
час
ASSIGN 3, (Exponential(31,0,T4_)) ; Занесение в P3 времени ремонта СС типа 4
TRANSFER ,Met1

; Сегмент имитации дежурства СС
Met1  QUEUE    P1 ; Встать в очередь на дежурство СС типа, номер которого в P1
ENTER  P1      ; Встать на дежурство СС типа, номер которого в P1
DEPART P1      ; Покинуть очередь на дежурство СС типа, номер которого в P1
ADVANCE P2 ; Имитация выхода СС типа из строя, номер которого в P2
LEAVE  P1      ; Снятие с дежурства из-за выхода из строя СС типа,
номер которого в P1

; Сегмент имитации ремонтного подразделения
ENTER  Rem      ; Занять одного мастера
ADVANCE P3      ; Имитация ремонта
LEAVE  Rem      ; Конец ремонта
TRANSFER ,Met1 ; Направить исправное СС на дежурство или в резерв

; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов
GENERATE VrMod
TEST E    TG1,1,Met2
ASSIGN    3,-2      ; Подготовка к циклу
ASSIGN    1,0      ; Подготовка к циклу
ASSIGN    2,0      ; Подготовка к циклу
Met23  ASSIGN    2+,1      ; Начало цикла изменения номеров матриц
ASSIGN    1+,1      ; Начало цикла изменения типов СС
ASSIGN    3+,3      ; Начало цикла изменения номеров матриц, хранящих
прибыль
SAVEVALUE DoxMax,V$DoxMax ; Максимально возможный доход от дежурства СС
SAVEVALUE Ubitok,V$Ubitok ; Убыток
SAVEVALUE DoxPol,V$DoxPol ; Полученный доход от дежурства СС
SAVEVALUE StoRem,V$StoRem ; Затраты на ремонт
SAVEVALUE ZatrResSS,V$ZatrResSS ; Затраты на резервные СС
; Расчет ожидаемой прибыли
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,V$SumPrib ; Прибыль по типу СС
SAVEVALUE 10,V$SumPrib
MSAVEVALUE Pribil+,Stroka,Stolbez,X10 ; Суммарная прибыль по СС всех типов

ASSIGN    2+,1
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,V$KoeffPr ; Коэффициент прибыли
MSAVEVALUE SrKPrib+,Stroka,Stolbez,(V$KoeffPr/5); Средний коэффициент прибыли
по СС всех типов

```

```

ASSIGN      2+,1
MSAVEVALUE *2,Stroka,Stolbez,(SR*1/1000) ; Коэффициент использования типа СС
MSAVEVALUE SrKisp+,Stroka,Stolbez,(SR*1/(1000#5)) ; Средний коэффициент
использования СС всех типов
TEST GE    P1,n2_,Met23
MSAVEVALUE 13,Stroka,Stolbez,(SR$Rem/1000); Коэффициент использования Rem
Met2       TERMINATE 1
           START    2000,NP          ; Неделя 1: Резервных СС=2, мастеров=3
Stolbez EQU      2
           RESET
           START    2000,NP          ; Неделя 2: Резервных СС=2, мастеров=3
Stolbez EQU      3
           RESET
           START    2000,NP          ; Неделя 3: Резервных СС=2, мастеров=3
Stolbez EQU      4
           RESET
           START    2,NP             ; Неделя 4: Резервных СС=2, мастеров=3
n4_        EQU      3
Rem        STORAGE 4
Stroka    EQU      2
Stolbez    EQU      1
           CLEAR    OFF
           START    2000,NP          ; Неделя 1: Резервных СС=3, мастеров=4
Stolbez EQU      2
           CLEAR    OFF
           START    2000,NP          ; Неделя 2: Резервных СС=3, мастеров=4
Stolbez EQU      3
           CLEAR    OFF
           START    2000,NP          ; Неделя 3: Резервных СС=3, мастеров=4
Stolbez EQU      4
           RESET
           START    2000,NP          ; Неделя 4: Резервных СС=3, мастеров=4
n4_        EQU      4
Rem        STORAGE 5
Stroka    EQU      3
Stolbez    EQU      1
           CLEAR    OFF
           START    2000,NP          ; Неделя 1: Резервных СС=4, мастеров=5
Stolbez EQU      2
           CLEAR    OFF
           START    2000,NP          ; Неделя 2: Резервных СС=4, мастеров=5
Stolbez EQU      3
           CLEAR    OFF
           START    2000,NP          ; Неделя 3: Резервных СС=4, мастеров=5
Stolbez EQU      4
           RESET
           START    2000              ; Неделя 4: Резервных СС=4, мастеров=5

```

2.5. Модели автоматической телефонной станции

Вариант 18

Постановка задачи

Автоматическая телефонная станция (АТС) обслуживает n_1 телефонных аппаратов (ТА) первой категории (ТА1), n_2 ТА второй категории (ТА2) и имеет n_3 выходов в сеть связи. Интервал времени T_1/n_1 между звонками с ТА первой категории случайный. Вероятность звонка с i -го ТА первой категории $p_{i1} = 1/n_1$. Вероятность того, что при этом для разговора потребуется внешняя ли-

ния связи $p_2 = n_3 / (n_2 + n_3)$, соединение с ТА второй категории $p_3 = n_2 / (n_2 + n_3)$. При этом может быть занята любая свободная линия связи, а вероятность звонка на j -й ТА второй категории $p_{4j} = 1/n_2$. Длительность t_1 разговора с ТА первой категории случайная. Время $t_{ож1}$ ожидания при занятости ТА или внешних линий связи случайное. Вероятность того, что ТА второй категории не ответит, p_5 . При этом время $t_{ож2}$ также случайное.

Интервал времени T_2/n_2 между звонками с ТА второй категории случайный. Вероятность звонка с k -го ТА второй категории $p_{6k} = 1/n_2$. Вероятности того, что при этом для разговора потребуются внешняя линия связи $p_7 = n_3 / (n_1 + n_3)$, соединение с ТА первой категории $p_8 = n_1 / (n_1 + n_3)$. Для разговора может быть занята любая свободная внешняя линия связи, а вероятность звонка на l -й ТА первой категории $p_{9l} = 1/n_1$. Длительность t_2 разговора с ТА второй категории случайная. Время $t_{ож3}$ при занятости ТА или внешних линий связи случайное. Вероятность того, что ТА первой категории не ответит, p_{10} . При этом время $t_{ож4}$ также случайное.

Звонки с ТА первой категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к звонкам с ТА второй категории при занятости внешнего выхода в сеть связи. Вследствие этого, если при поступлении заявки на разговор по внешнему выходу с ТА первой категории все внешние выходы будут заняты разговорами также с ТА первой категории, то прерывания не происходит и заявка считается потерянной. Если же некоторые внешние выходы будут заняты разговорами с ТА второй категории, то после $t_{ож1}$ один из этих разговоров прерывается (теряется) и начинается разговор по этому выходу с ТА первой категории.

Исходные данные

| | | |
|-----------------|---|------------------------------------|
| $n_1 = 5;$ | $T_1 = 20;$ | $\text{Exp}(T_1/n_1);$ |
| $n_2 = 10;$ | $T_2 = 100;$ | $\text{Exp}(T_2/n_2);$ |
| $n_3 = 2;$ | $\text{Rav}(t_{ож1}, t_{0ож1}) = \text{Rav}(2.5, 0.5);$ | |
| $p_5 = 0.4;$ | $\text{Rav}(t_{ож2}, t_{0ож2}) = \text{Rav}(3.7, 0.7);$ | |
| | $\text{Exp}(t_1) = \text{Exp}(5);$ | $\text{Exp}(t_2) = \text{Exp}(4);$ |
| | $\text{Rav}(t_{ож3}, t_{0ож3}) = \text{Rav}(2, 0.5);$ | |
| $p_{10} = 0.6;$ | $\text{Normal}(t_{ож4}, t_{0ож4}) = \text{Normal}(3, 0.5).$ | |

Значения n_1 и n_2 исследователь изменяет от исходных самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования АТС. Исследовать зависимость вероятности разговоров с ТА первой и второй категорий от количества ТА первой и второй категорий.

Программа модели

```
; Вариант 18
; Модель автоматической телефонной станции
; Задание исходных данных
VrMod EQU 3600 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 с
N1_ EQU 5 ; Количество ТА1
N2_ EQU 10 ; Количество ТА2
N3_ EQU 2 ; Количество внешних выходов
T1_ EQU 20 ; Время для расчета интервалов между звонками с ТА1
```

| | | | |
|--------|-----|-----|--|
| T2_ | EQU | 100 | ; Время для расчета интервалов между звонками с ТА2 |
| Tog1 | EQU | 2.5 | ; Среднее время ожидания при занятости внешних линий |
| Tog01 | EQU | 0.5 | ; Среднеквадратическое отклонение времени ожидания |
| Tog2 | EQU | 3.7 | ; Среднее время ожидания при звонке с ТА1 на ТА2 |
| Tog02 | EQU | 0.7 | ; Среднеквадратическое отклонение времени ожидания |
| Tog3 | EQU | 2 | ; Среднее время ожидания при занятости внешних линий |
| Tog03 | EQU | 0.5 | ; Среднеквадратическое отклонение времени ожидания |
| Tog4 | EQU | 3 | ; Среднее время ожидания при звонке с ТА2 на ТА1 |
| Tog04 | EQU | 0.5 | ; Среднеквадратическое отклонение времени ожидания |
| Trazg1 | EQU | 5 | ; Среднее время разговора с ТА1 |
| Trazg2 | EQU | 4 | ; Среднее время разговора с ТА2 |
| P5_ | EQU | 0.4 | ; Вероятность того, что ТА2 не ответит |
| P10_ | EQU | 0.6 | ; Вероятность того, что ТА1 не ответит |

```

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 1-й категории (ТА1)
GENERATE (Exponential(333,0,(T1_/N1_)) , , , , 1
Met0 ASSIGN 7, (RN43/1000) ; Обращение к генератору RN
ASSIGN 3,0 ; Подготовка к циклу
Met1 ASSIGN 3+,1 ; Начало цикла определения номера звонящего телефона ТА1
TEST LE P7, (P3#(1/N1_)),Met1 ; Если условие выполнено, то номер телефона ТА1 в P3
GATE NU P3,Met9 ; Свободен ли телефон с данным номером? Если да,
SEIZE P3 ; то звонят с него
ASSIGN 7, (RN343/1000) ; Обращение к генератору RN
TEST LE P7, (N3_/(N2_+N3_)),Met2 ; Если условие выполнено, то нужен внешний выход
ASSIGN 4, (N1_+N2_) ; Подготовка к циклу
Met3 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла определения номера свободного внешнего выхода
GATE U P4,Met4 ; Свободен ли внешний выход?
TEST GE P4, (N1_+N2_+N3_),Met3 ; Все ли внешние выходы проверены и не найдено сво-
бодного?
ADVANCE Tog1,Tog01 ; Если да, то задержаться и
ASSIGN 4, (N1_+N2_) ; подготовка к циклу
Met21 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла определения номера внешнего выхода, занятого ТА2
TEST E X*4,1,Met22 ; Равно ли значение сохраняемой ячейки 1? Если нет,
то перейти к прерыванию разговора
TEST GE P4, (N1_+N2_+N3_),Met21 ; Все ли сохраняемые ячейки проверены? Не
найден ни одной, значение которой равно 0? Если да, то
TRANSFER ,Met23 ; то все внешние выходы заняты звонками с ТА1
Met22 PREEMPT P4,PR,Met24,,RE ; Прервать разговор с ТА2 по внешнему выходу без
права продолжения
SAVEVALUE *4,PR
ADVANCE (Exponential(222,0,Trazg1)) ; Имитация разговора с ТА1 по внешнему выходу
RETURN P4 ; Освободить внешний выход с номером в P4
RELEASE P3 ; Освободить телефон ТА1 с номером в P3
Ter1 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА1 по внешним выходам с прерыванием разгово-
ров с ТА2
Met23 RELEASE P3 ; Освободить телефон ТА1, разговор с которого по внешнему выходу не
состоялся
TERMINATE; Несостоявшиеся разговоры с ТА1 по внешним выходам из-за занятости их ТА1
Met4 SEIZE P4 ; Занять свободный внешний выход с номером в P4
SAVEVALUE P4,PR ; Занести в ячейку с номером в P4 уровень приоритета
ADVANCE (Exponential(222,0,Trazg1)) ; Имитация разговора с ТА1
RELEASE P4 ; Освободить внешний выход с номером в P4
RELEASE P3 ; освободить телефон ТА1 с номером в P3
Ter2 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА1 по внешним выходам
Met2 ASSIGN 7, (RN343/1000) ; Обращение к генератору RN
ASSIGN 6,0 ; Подготовка к циклу
Met5 ASSIGN 6+,1 ; Начало цикла определения номера ТА2, на который
звонят с ТА1
TEST LE P7, (P6#(1/N2_)),Met5 ; Если условие выполнено, то номер телефона ТА2 в P6
GATE NU (N1_+P6),Met7 ; Свободен ли телефон с данным номером? Если да,
ASSIGN 7, (RN343/1000) ; то ответит ли он?
TEST LE P7, P5_,Met6 ; Если условие выполнено, то не ответит. Тогда
Met7 ADVANCE Tog2,Tog02 ; задержаться и
RELEASE P3 ; освободить телефон ТА1 с номером в P3
Ter3 TERMINATE ; Несостоявшиеся разговоры между абонентами ТА1 и ТА2

```

```

Met6 SEIZE (N1_+P6) ; Занять TA2 с номером в (N1_+P6)
ADVANCE (Exponential(222,0,Trazg1)) ; Имитация разговора между абонентами TA1 и TA2
RELEASE (N1_+P6) ; Освободить TA2 с номером в (N1_+P6)
RELEASE P3 ; Освободить TA1 с номером в P3
Ter4 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры между абонентами TA1 и TA2
Met9 TERMINATE ; TA1 уже был занят, поэтому разговор не состоялся
Met24 RELEASE (N1_+P3) ; Прерванные разговоры с TA2
TERMINATE

; Сегмент имитации телефонных разговоров с TA 2-й категории (TA2)
GENERATE (Exponential(493,0,(T2_/N2_)))
Met10 ASSIGN 7,(RN413/1000) ; Обращение к генератору RN
ASSIGN 3,0 ; Подготовка к циклу
Met11 ASSIGN 3+,1 ; Начало цикла определения номера звонящего телефона TA2
TEST LE P7,(P3#(1/N2_)),Met11 ; Если условие выполнено, то номер телефона TA2 в P3
GATE NU (N1_+P3),Met19 ; Свободен ли телефон с данным номером? Если да,
SEIZE (N1_+P3) ; то звонят с него
ASSIGN 7,(RN343/1000) ; Обращение к генератору RN
TEST LE P7,(N3_/(N1_+N3_)),Met12 ; Если условие выполнено, то нужен внешний выход
ASSIGN 4,(N1_+N2_) ; Подготовка к циклу
Met13 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла определения номера свободного внешнего выхода
GATE U P4,Met14 ; Свободен ли внешний выход?
TEST GE P4,(N1_+N2_+N3_),Met13 ; Все ли внешние выходы проверены и не найдено сво-
бодного?
ADVANCE Tog3,Tog03 ; Если да, то задержаться и
RELEASE (N1_+P3) ; Освободить телефон с номером (N1_+P3)
Ter5 TERMINATE ; Несостоявшиеся разговоры с TA2 из-за занятости внешних выходов
Met14 SEIZE P4 ; Занять свободный внешний выход
SAVEVALUE P4,PR ; Запомнить приоритет ведущего разговор
ADVANCE (Exponential(222,0,Trazg2)); Имитация разговора между абонентами TA2 по
внешним выходам
RELEASE P4 ; Освободить внешний выход
RELEASE (N1_+P3) ; Освободить TA2
Ter6 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с TA2 по внешним выходам
Met12 ASSIGN 7,(RN343/1000) ; Обращение к генератору RN
ASSIGN 6,0 ; Подготовка к циклу
Met15 ASSIGN 6+,1; Начало цикла определения номера телефона TA1, на который звонят с TA2
TEST LE P7,(P6#(1/N1_)),Met15 ; Если условие выполнено, то номер телефона TA1 в P6
GATE NU P6,Met17 ; Свободен ли телефон с данным номером? Если да,
ASSIGN 7,(RN343/1000) ; то ответит ли он?
TEST LE P7,P10_,Met16 ; Если условие выполнено, то не ответит. Тогда
Met17 ADVANCE (Normal(211,Tog2,Tog02)) ; задержаться и
RELEASE (N1_+P3) ; освободить телефон с номером N1_+P3
Ter7 TERMINATE ; Несостоявшиеся разговоры с TA2 из-за занятости TA1
Met16 SEIZE P6 ; Занять телефон TA1 с номером в P6
ADVANCE (Exponential(222,0,Trazg2)) ; Имитация разговора между абонентами TA2 и TA1
RELEASE P6 ; Освободить телефон TA1 с номером в P6
RELEASE (N1_+P3) ; Освободить телефон TA2 с номером N1_+P3
Ter8 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры между абонентами TA2 и TA1
Met19 TERMINATE

; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов моделирования
GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования
TEST E TG1,1,Met20 ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то
рассчитать
SAVEVALUE Ver1,((N$Ter2+N$Ter4)/N$Met0) ; Вероятность ведения разговоров с TA1
SAVEVALUE Ver2,((N$Ter6+N$Ter8)/N$Met10) ; Вероятность ведения разговоров с TA2
Met20 TERMINATE 1

```

Вариант 19

Постановка задачи

Автоматическая телефонная станция (АТС) обслуживает n_1 телефонных аппаратов (ТА) первой категории (ТА1), n_2 ТА второй категории (ТА2) и имеет n_3 выходов в сеть связи. Интервал времени T_1/n_1 между звонками с ТА первой категории случайный. Вероятность звонка с i -го ТА первой категории $p_{1i} = 1/n_1$. Вероятность того, что при этом для разговора потребуется внешняя линия связи $p_2 = n_3/(n_2+n_3)$, соединение с ТА второй категории $p_3 = n_2/(n_2+n_3)$. При этом может быть занята любая свободная линия связи, а вероятность звонка на j -й ТА второй категории $p_{4j} = 1/n_2$. Длительность t_1 разговора с ТА первой категории случайная. Время $t_{ож1}$ ожидания при занятости ТА или внешних линий связи случайное. Вероятность того, что ТА второй категории не ответит, p_5 . При этом время $t_{ож2}$ также случайное.

Интервал времени T_2/n_2 между звонками с ТА второй категории случайный. Вероятность звонка с k -го ТА второй категории $p_{6k} = 1/n_2$. Вероятности того, что при этом для разговора потребуются внешняя линия связи $p_7 = n_3/(n_1+n_3)$, соединение с ТА первой категории $p_8 = n_1/(n_1+n_3)$. Для разговора может быть занята любая свободная внешняя линия связи, а вероятность звонка на l -й ТА первой категории $p_{9l} = 1/n_1$. Длительность t_2 разговора с ТА второй категории случайная. Время $t_{ож3}$ при занятости ТА или внешних линий связи случайное. Вероятность того, что ТА первой категории не ответит, p_{10} . При этом время $t_{ож4}$ также случайное.

Звонки с ТА первой категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к звонкам с ТА второй категории при занятости внешнего выхода в сеть связи. Вследствие этого, если при поступлении заявки на разговор по внешнему выходу с ТА первой категории все внешние выходы будут заняты разговорами также с ТА первой категории, то прерывания не происходит и заявка считается потерянной. Если же некоторые внешние выходы будут заняты разговорами с ТА второй категории, то после $t_{ож1}$ один из этих разговоров прерывается (теряется) и начинается разговор по этому выходу с ТА первой категории.

Исходные данные

$n_1 = 10;$ $T_1 = 50;$ $\text{Exp}(T_1/n_1);$
 $n_2 = 20;$ $T_2 = 400;$ $\text{Exp}(T_2/n_2);$
 $n_3 = 3;$ $\text{Normal}(t_{ож1}, t_{ож1}) = \text{Normal}(3, 0.5);$
 $p_5 = 0.7;$ $\text{Normal}(t_{ож2}, t_{ож2}) = \text{Normal}(3, 0.5);$
 $\text{Exp}(t_1) = \text{Exp}(3); \text{Exp}(t_2) = \text{Exp}(5);$
 $\text{Normal}(t_{ож3}, t_{ож3}) = \text{Normal}(2.5, 0.4);$
 $p_{10} = 0.3;$ $\text{Normal}(t_{ож4}, t_{ож4}) = \text{Normal}(2, 0.3).$

Значения T_1 , T_2 , t_1 , t_2 , p_5 , p_{10} исследователь изменяет от исходных самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования АТС. Исследовать зависимость вероятности разговоров с ТА первой и второй категории от интервалов времени T_1 , T_2 , времени t_1 , t_2 разговоров и вероятностей p_5 и p_{10} .

Программа модели

```

; Вариант 19
; Модель автоматической телефонной станции
; Задание исходных данных
VrMod EQU 3600 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 с
N1_ EQU 10 ; Количество ТА1
N2_ EQU 20 ; Количество ТА2
N3_ EQU 3 ; Количество внешних выходов
T1_ EQU 50 ; Время для расчета интервалов между звонками с ТА1
T2_ EQU 400 ; Время для расчета интервалов между звонками с ТА2
Tog1 EQU 3.5 ; Среднее время ожидания при занятости внешних линий
Tog01 EQU 0.5 ; Среднеквадратическое отклонение времени ожидания
Tog2 EQU 3 ; Среднее время ожидания при звонке с ТА1 на ТА2
Tog02 EQU 0.5 ; Среднеквадратическое отклонение времени ожидания
Tog3 EQU 2.5 ; Среднее время ожидания при занятости внешних линий
Tog03 EQU 0.4 ; Среднеквадратическое отклонение времени ожидания
Tog4 EQU 2 ; Среднее время ожидания при звонке с ТА2 на ТА1
Tog04 EQU 0.3 ; Среднеквадратическое отклонение времени ожидания
Trazg1 EQU 3 ; Среднее время разговора с ТА1
Trazg2 EQU 5 ; Среднее время разговора с ТА2
P5 EQU 0.7 ; Вероятность того, что ТА2 не ответит
P10_ EQU 0.3 ; Вероятность того, что ТА1 не ответит

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 1-й категории (ТА1)
GENERATE (Exponential(333,0,(T1_/N1_)) , , , , 1
Met0 ASSIGN 7, (RN43/1000) ; Обращение к генератору RN
ASSIGN 3,0 ; Подготовка к циклу
Met1 ASSIGN 3+,1 ; Начало цикла определения номера звонящего телефона ТА1
TEST LE P7, (P3#(1/N1_)),Met1 ; Если условие выполнено, то номер телефона ТА1 в P3
GATE NU P3, Met9 ; Свободен ли телефон с данным номером? Если да,
SEIZE P3 ; то звонят с него
ASSIGN 7, (RN343/1000) ; Обращение к генератору RN
TEST LE P7, (N3_/(N2_+N3_)),Met2 ; Если условие выполнено, то нужен внешний выход
ASSIGN 4, (N1_+N2_) ; Подготовка к циклу
Met3 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла определения номера свободного внешнего выхода
GATE U P4, Met4 ; Свободен ли внешний выход?
TEST GE P4, (N1_+N2_+N3_),Met3 ; Все ли внешние выходы проверены и не найдено сво-
бодного?
ADVANCE Tog1, Tog01 ; Если да, то задержаться и
ASSIGN 4, (N1_+N2_) ; подготовка к циклу
Met21 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла определения номера внешнего выхода, занятого ТА2
TEST E X*4,1, Met22 ; Равно ли значение сохраняемой ячейки 1? Если нет,
то перейти к прерыванию разговора
TEST GE P4, (N1_+N2_+N3_),Met21 ; Все ли сохраняемые ячейки проверены? Не
найден ни одной, значение которой равно 0? Если да, то
TRANSFER ,Met23 ; то все внешние выходы заняты звонками с ТА1
Met22 PREEMPT P4, PR, Met24, , RE ; Прервать разговор с ТА2 по внешнему выходу без
права продолжения
SAVEVALUE *4, PR
ADVANCE (Exponential(222,0,Trazg1)) ; Имитация разговора с ТА1 по внешнему выходу
RETURN P4 ; Освободить внешний выход с номером в P4
RELEASE P3 ; Освободить телефон ТА1 с номером в P3
Ter1 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА1 по внешним выходам с
прерыванием разговоров с ТА2
Met23 RELEASE P3 ; Освободить телефон ТА1, разговор с которого по внешнему выходу не
состоялся
TERMINATE; Несостоявшиеся разговоры с ТА1 по внешним выходам из-за занятости их ТА1
Met4 SEIZE P4 ; Занять свободный внешний выход с номером в P4
SAVEVALUE P4, PR ; Занести в ячейку с номером в P4 уровень приоритета
ADVANCE (Exponential(222,0,Trazg1)) ; Имитация разговора с ТА1
RELEASE P4 ; Освободить внешний выход с номером в P4
RELEASE P3 ; освободить телефон ТА1 с номером в P3
Ter2 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА1 по внешним выходам

```

Met2 ASSIGN 7, (RN343/1000) ; Обращение к генератору RN
ASSIGN 6,0 ; Подготовка к циклу

Met5 ASSIGN 6+,1 ; Начало цикла определения номера ТА2, на который звонят с ТА1
TEST LE P7, (P6#(1/N2_)),Met5 ; Если условие выполнено, то номер телефона ТА2 в Р6
GATE NU (N1_+P6),Met7 ; Свободен ли телефон с данным номером? Если да,
ASSIGN 7, (RN343/1000) ; то ответит ли он?
TEST LE P7, P5_,Met6 ; Если условие выполнено, то не ответит. Тогда

Met7 ADVANCE Tog2,Tog02 ; задержаться и
RELEASE P3 ; освободить телефон ТА1 с номером в Р3

Ter3 TERMINATE ; Несостоявшиеся разговоры между абонентами ТА1 и ТА2

Met6 SEIZE (N1_+P6) ; Занять ТА2 с номером в (N1_+P6)
ADVANCE (Exponential(222,0,Trazg1)) ; Имитация разговора между абонентами ТА1 и ТА2
RELEASE (N1_+P6) ; Освободить ТА2 с номером в (N1_+P6)
RELEASE P3 ; Освободить ТА1 с номером в Р3

Ter4 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры между абонентами ТА1 и ТА2

Met9 TERMINATE ; ТА1 уже был занят, поэтому разговор не состоялся

Met24 RELEASE (N1_+P3) ; Прерванные разговоры с ТА2
TERMINATE

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 2-й категории (ТА2)

GENERATE (Exponential(493,0,(T2_/N2_)))

Met10 ASSIGN 7, (RN413/1000) ; Обращение к генератору RN
ASSIGN 3,0 ; Подготовка к циклу

Met11 ASSIGN 3+,1 ; Начало цикла определения номера звонящего телефона ТА2
TEST LE P7, (P3#(1/N2_)),Met11 ; Если условие выполнено, то номер телефона ТА2 в Р3
GATE NU (N1_+P3),Met19 ; Свободен ли телефон с данным номером? Если да,
SEIZE (N1_+P3) ; то звонят с него
ASSIGN 7, (RN343/1000) ; Обращение к генератору RN
TEST LE P7, (N3_/(N1_+N3_)),Met12 ; Если условие выполнено, то нужен внешний выход
ASSIGN 4, (N1_+N2_) ; Подготовка к циклу

Met13 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла определения номера свободного внешнего выхода
GATE U P4,Met14 ; Свободен ли внешний выход?
TEST GE P4, (N1_+N2_+N3_),Met13 ; Все ли внешние выходы проверены и не найдено сво-
бодного?
ADVANCE Tog3,Tog03 ; Если да, то задержаться и
RELEASE (N1_+P3) ; Освободить телефон с номером (N1_+P3)

Ter5 TERMINATE ; Несостоявшиеся разговоры с ТА2 из-за занятости
внешних выходов

Met14 SEIZE P4 ; Занять свободный внешний выход
SAVEVALUE P4,PR ; Запомнить приоритет ведущего разговор
ADVANCE (Exponential(222,0,Trazg2)); Имитация разговора между абонентами ТА2 по
внешним выходам
RELEASE P4 ; Освободить внешний выход
RELEASE (N1_+P3) ; Освободить ТА2

Ter6 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА2 по внешним выходам

Met12 ASSIGN 7, (RN343/1000) ; Обращение к генератору RN
ASSIGN 6,0 ; Подготовка к циклу

Met15 ASSIGN 6+,1 ; Начало цикла определения номера телефона ТА1, на
который звонят с ТА2
TEST LE P7, (P6#(1/N1_)),Met15 ; Если условие выполнено, то номер телефона ТА1 в Р6
GATE NU P6,Met17 ; Свободен ли телефон с данным номером? Если да,
ASSIGN 7, (RN343/1000) ; то ответит ли он?
TEST LE P7, P10_,Met16 ; Если условие выполнено, то не ответит. Тогда

Met17 ADVANCE (Normal(211,Tog2,Tog02)) ; задержаться и
RELEASE (N1_+P3) ; освободить телефон с номером N1_+P3

Ter7 TERMINATE ; Несостоявшиеся разговоры с ТА2 из-за занятости ТА1

Met16 SEIZE P6 ; Занять телефон ТА1 с номером в Р6
ADVANCE (Exponential(222,0,Trazg2)) ; Имитация разговора между абонентами ТА2 и ТА1
RELEASE P6 ; Освободить телефон ТА1 с номером в Р6
RELEASE (N1_+P3) ; Освободить телефон ТА2 с номером N1_+P3

Ter8 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры между абонентами ТА2 и ТА1

Met19 TERMINATE

; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов моделирования

GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования

```

TEST E      TG1,1,Met20      ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то
рассчитать
SAVEVALUE   Ver1, ((N$Ter2+N$Ter4)/N$Met0) ; Вероятность ведения разговоров с ТА1
SAVEVALUE   Ver2, ((N$Ter6+N$Ter8)/N$Met10) ; Вероятность ведения разговоров с ТА2
Met20 TERMINATE 1

```

2.6. Модели интегратора нагрузки АТС

Вариант 20

Постановка задачи

Интегратор нагрузки автоматической телефонной станции (АТС) обслуживает n_1 телефонных аппаратов (ТА) первой категории (ТА1), n_2 ТА второй категории (ТА2), n_3 ТА третьей категории (ТА3), n_4 ТА четвертой категории (ТА4) и имеет n_5 внешних выходов в сеть связи. Количество ТА всех категорий S_n , а количество ТА всех категорий и внешних выходов в сеть связи – S . Интервалы времени T_1/n_1 , T_2/n_2 , T_3/n_3 , T_4/n_4 с ТА первой, второй, третьей и четвертой категорий на занятие внешних выходов случайные. Продолжительности разговоров с ТА первой, второй, третьей и четвертой категорий t_1 , t_2 , t_3 , t_4 соответственно. Время ожидания $toж_1$, $toж_2$, $toж_3$, $toж_4$ в случае занятости всех внешних выходов также случайное.

Вероятности звонков $p_{1i} = 1/n_1$, $p_{2j} = 1/n_2$, $p_{3k} = 1/n_3$, $p_{4m} = 1/n_4$ с i -го, j -го, k -го и m -го ТА первой, второй, третьей и четвертой категорий соответственно. Во время звонка с ТА исключается новый звонок с него же.

Звонки с ТА первой категории не обладают абсолютным приоритетом по отношению к звонкам с ТА второй, третьей и четвертой категорий при занятии внешнего выхода в сеть связи. Вследствие этого, если при поступлении заявки на разговор с ТА первой категории все внешние выходы будут заняты, то прерывания не происходит и заявка считается потерянной.

Исходные данные

| | | |
|-------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| $n_1 = 5;$ | $T_1 = 120;$ | $\text{Exp}(T_1/n_1);$ |
| $n_2 = 10;$ | $T_2 = 150;$ | $\text{Exp}(T_2/n_2);$ |
| $n_3 = 8;$ | $T_3 = 210;$ | $\text{Exp}(T_3/n_3);$ |
| $n_4 = 15;$ | $T_4 = 300;$ | $\text{Exp}(T_4/n_4);$ |
| $n_5 = 6;$ | $\text{Exp}(t_1) = \text{Exp}(5);$ | $\text{Exp}(t_2) = \text{Exp}(4)$ |
| $S_n = 38;$ | $\text{Exp}(t_3) = \text{Exp}(6);$ | $\text{Exp}(t_4) = \text{Exp}(6);$ |
| $S = 44;$ | $\text{Exp}(toж_1) = \text{Exp}(30);$ | |
| | $\text{Exp}(toж_2) = \text{Exp}(40);$ | |
| | $\text{Exp}(toж_3) = \text{Exp}(50);$ | |
| | $\text{Exp}(toж_4) = \text{Exp}(40).$ | |

Значения n_1 , n_2 , n_3 , n_4 , S_n и S исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования АТС. Исследовать зависимость вероятностей разговоров с ТА первой, второй, третьей и четвертой

категорий от количества ТА первой, второй, третьей, четвертой категорий и внешних выходов.

Программа модели

```
; Вариант 20
; Модель функционирования интегратора нагрузки
VrMod EQU 3600      ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 с
N1_    EQU 5        ; Количество ТА1
N2_    EQU 10       ; Количество ТА2
N3_    EQU 8        ; Количество ТА3
N4_    EQU 15       ; Количество ТА4
N5_    EQU 6        ; Количество внешних выходов
SN_    EQU 38       ; Суммарное количество телефонов всех категорий
S_     EQU 44       ; Суммарное количество телефонов всех категорий и
внешних выходов
T1_    EQU 120      ; Средний интервал между звонками с ТА1
T2_    EQU 150      ; Средний интервал между звонками с ТА2
T3_    EQU 210      ; Средний интервал между звонками с ТА3
T4_    EQU 300      ; Средний интервал между звонками с ТА4
Tog1   EQU 30       ; Среднее время ожидания при звонке с ТА1
Tog2   EQU 40       ; Среднее время ожидания при звонке с ТА2
Tog3   EQU 50       ; Среднее время ожидания при звонке с ТА3
Tog4   EQU 40       ; Среднее время ожидания при звонке с ТА4
Trazg1 EQU 300      ; Среднее время разговора при звонке с ТА1
Trazg2 EQU 240      ; Среднее время разговора при звонке с ТА2
Trazg3 EQU 180      ; Среднее время разговора при звонке с ТА3
Trazg4 EQU 120      ; Среднее время разговора при звонке с ТА4
; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 1-й категории (ТА1)
GENERATE (Exponential(333,0,(T1_/N1_)))
Met6 ASSIGN 1,1     ; Код 1 - звонок с ТА1
      ASSIGN 3,0     ; Подготовка к циклу
      ASSIGN 5,N1_   ; Подготовка к циклу - количество ТА1 в P5
      ASSIGN 6,(Exponential(222,0,Trazg1)) ; Время разговора с ТА1 - в P6
      ASSIGN 7,(Exponential(34,0,Tog1))   ; Время ожидания ТА1 - в P7
; Определение номера звонящего телефона
Met0 ASSIGN 8,(RN43/1000) ; Обращение к генератору RN
      ASSIGN 2,0         ; Подготовка к циклу
Met1 ASSIGN 3+,1        ; Начало цикла определения номера звонящего ТА
      ASSIGN 2+,1        ; Счет телефонов, начиная с 1
      TEST LE P8,(P2#(1/P5)),Met1 ; Если условие выполнено, то номер ТА - в P3
      GATE NU P3,Met9    ; Свободен ли ТА с данным номером? Если да,
      SEIZE P3           ; то занять его
      TRANSFER ,Met3     ; Направить на интегратор
Met9 TERMINATE         ; По ТА уже звонили, поэтому звонок не состоялся
; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 2-й категории (ТА2)
GENERATE (Exponential(333,0,(T2_/N2_)))
Met7 ASSIGN 1,2        ; Код 2 - звонок с ТА2
      ASSIGN 3,N1_     ; Подготовка к циклу - количество ТА1 в P3
      ASSIGN 5,N2_     ; Подготовка к циклу - количество ТА2 в P5
      ASSIGN 6,(Exponential(222,0,Trazg2)) ; Время разговора с ТА2 - в P6
      ASSIGN 7,(Exponential(34,0,Tog2))   ; Время ожидания ТА2 - в P7
      TRANSFER ,Met0   ; Направить для определения номера телефона
; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 3-й категории (ТА3)
GENERATE (Exponential(333,0,(T3_/N3_)))
Met8 ASSIGN 1,3        ; Код 3 - звонок с ТА3
      ASSIGN 3,(N1_+N2_) ; Подготовка к циклу - количество ТА1+ТА2 - в P3
      ASSIGN 5,N3_     ; Подготовка к циклу - количество ТА3 - в P5
      ASSIGN 6,(Exponential(222,0,Trazg3)) ; Время разговора с ТА3 - в P6
      ASSIGN 7,(Exponential(34,0,Tog3))   ; Время ожидания ТА3 - в P7
```

```

TRANSFER ,Met0 ; Направить для определения номера телефона

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 4-й категории (ТА4)
GENERATE (Exponential(333,0,(T4_/N4_)))
Met11 ASSIGN 1,4 ; Код 4 - звонок с ТА4
ASSIGN 3,(N1_+N2_+N3_) ; Подготовка к циклу - количество ТА1+ТА2+ТА3 - в Р3
ASSIGN 5,N4_ ; Подготовка к циклу - количество ТА3 - в Р5
ASSIGN 6,(Exponential(222,0,Trazg4)) ; Время разговора с ТА4 - в Р6
ASSIGN 7,(Exponential(34,0,Tog4)) ; Время ожидания ТА4 - в Р7
TRANSFER ,Met0 ; Направить для определения номера телефона

; Сегмент имитации работы интегратора
Met3 ASSIGN 4,SN_ ; Подготовка к циклу
Met5 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла определения номера свободного внешнего выхода
GATE U P4,Met4 ; Свободен ли внешний выход?
TEST GE P4,S_,Met5 ; Все ли внешние выходы проверены и не найдено свободного?
ADVANCE P7 ; Если да, то задержаться и
RELEASE P3 ; освободить телефон с номером в Р3
Ter1 TERMINATE ; Несостоявшиеся разговоры из-за занятости внешнего выхода
Met4 SEIZE P4 ; Занять свободный внешний выход с номером в Р4
ADVANCE P6 ; Имитация разговора
RELEASE P4 ; Освободить внешний выход с номером в Р4
RELEASE P3 ; освободить телефон с номером в Р3
Ter2 TRANSFER ,(Ter2+P1) ; Деление состоявшихся разговоров по категориям
Ter3 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА1
Ter4 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА2
Ter5 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА3
Ter6 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА4
; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов моделирования
GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования
TEST E TG1,1,Met10 ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то рассчитать
SAVEVALUE Ver1,(N$Ter3/N$Met6) ; Вероятность ведения разговоров с ТА1
SAVEVALUE Ver2,(N$Ter4/N$Met7) ; Вероятность ведения разговоров с ТА2
SAVEVALUE Ver3,(N$Ter5/N$Met8) ; Вероятность ведения разговоров с ТА3
SAVEVALUE Ver4,(N$Ter6/N$Met11) ; Вероятность ведения разговоров с ТА4
SAVEVALUE Ver,(N$Met4/N$Met0) ; Вероятность ведения разговоров с ТА всех категорий
Met10 TERMINATE 1

```

Вариант 21

Постановка задачи

Интегратор нагрузки автоматической телефонной станции (АТС) обслуживает n_1 телефонных аппаратов (ТА) первой категории (ТА1), n_2 ТА второй категории (ТА2), n_3 ТА третьей категории (ТА3) и имеет n_4 внешних выходов в сеть связи. Количество ТА всех категорий S_n , а количество ТА всех категорий и внешних выходов – S . Интервалы времени T_1/n_1 , T_2/n_2 , T_3/n_3 с ТА первой, второй и третьей категорий на занятие внешних выходов случайные. Продолжительности разговоров с ТА первой, второй и третьей категорий t_1 , t_2 , t_3 соответственно. Время ожидания $toж_1$, $toж_2$, $toж_3$ в случае занятости всех внешних выходов также случайное.

Вероятности звонков $p_{1i} = 1/n_1$, $p_{2j} = 1/n_2$, $p_{3k} = 1/n_3$ с i -го, j -го и k -го ТА первой, второй и третьей категорий соответственно. Во время звонка с ТА исключается новый звонок с него же.

Звонки с ТА первой категории не обладают абсолютным приоритетом по отношению к звонкам с ТА второй и третьей категорий при занятии внешнего выхода в сеть связи. Вследствие этого, если при поступлении заявки на разговор с ТА первой категории все внешние выходы будут заняты, то прерывания не происходит и заявка считается потерянной.

Интегратор подвержен отказам. Интервалы времени T_4 между отказами и длительности восстановления T_5 также случайны. При отказе интегратора для абонентов первой категории после восстановления работоспособности предоставляется время для завершения разговора. Разговоры абонентов второй и третьей категорий теряются и могут быть продолжены только повторно. До восстановления интегратора разговоры невозможны.

Исходные данные

```

n1 = 10;      T1 = 400;      Exp(T1/n1);      Exp(T4) = Exp(2400);
n2 = 15;      T2 = 800;      Exp(T2/n2);      Exp(T5) = Exp(30);
n3 = 20;      T3 = 1200;     Exp(T3/n3);
n4 = 5;      Exp(t1) = Exp(240);      Exp(t2) = Exp(180);      Exp(t3) = Exp(120);
Sn = 45;     Normal(toж1, t0ож1) = Normal(25, 3);
S = 50;     Normal(toж2, t0ож2) = Normal(33, 5);
           Normal(toж3, t0ож3) = Normal(40, 7).

```

Значения T_1 , T_2 , T_3 , t_1 , t_2 , t_3 , n_4 , S_n и S исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования АТС. Исследовать зависимость вероятности разговоров с ТА первой, второй и третьей категорий от интервалов времени T_1/n_1 , T_2/n_2 , T_3/n_3 , времени t_1 , t_2 , t_3 разговоров и количества внешних выходов в сеть связи.

Программа модели

```

; Вариант 21
; Модель функционирования интегратора нагрузки
VrMod EQU 3600      ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 с
N1_ EQU 10         ; Количество ТА1
N2_ EQU 15         ; Количество ТА2
N3_ EQU 20         ; Количество ТА3
N4_ EQU 5          ; Количество внешних выходов
SN_ EQU 45         ; Суммарное количество телефонов всех категорий
S_ EQU 50         ; Суммарное количество телефонов всех категорий и внешних выходов
T1_ EQU 400       ; Средний интервал между звонками с ТА1
T2_ EQU 800       ; Средний интервал между звонками с ТА2
T3_ EQU 1200      ; Средний интервал между звонками с ТА3
Tog1 EQU 25       ; Среднее время ожидания при звонке с ТА1
Tog01 EQU 3       ; Стандартное отклонение времени ожидания при звонке с ТА1
Tog2 EQU 33       ; Среднее время ожидания при звонке с ТА2
Tog02 EQU 5       ; Стандартное отклонение времени ожидания при звонке с ТА2
Tog3 EQU 40       ; Среднее время ожидания при звонке с ТА3
Tog03 EQU 7       ; Стандартное отклонение времени ожидания при звонке с ТА3
Trazg1 EQU 240    ; Среднее время разговора при звонке с ТА1
Trazg2 EQU 180    ; Среднее время разговора при звонке с ТА2
Trazg3 EQU 120    ; Среднее время разговора при звонке с ТА3
T4_ EQU 2400      ; Среднее время между отказами
T5_ EQU 30        ; Среднее время восстановления

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 1-й категории (ТА1)
GENERATE (Exponential(333,0,(T1_/N1_)))
Met6 ASSIGN 1,1      ; Код 1 - звонок с ТА1

```

```

ASSIGN 3,0 ; Подготовка к циклу
ASSIGN 5,N1_ ; Подготовка к циклу - количество TA1 в P5
ASSIGN 6, (Exponential(222,0,Trazg1)) ; Время разговора с TA1 - в P6
ASSIGN 7, (Normal(34,Tog1,Tog01)) ; Время ожидания TA1 - в P7

; Определение номера звонящего телефона
Met0 ASSIGN 8, (RN43/1000) ; Обращение к генератору RN
ASSIGN 2,0 ; Подготовка к циклу
Met1 ASSIGN 3+,1 ; Начало цикла определения номера звонящего телефона TA1
ASSIGN 2+,1 ; Счет телефонов, начиная с 1
TEST LE P8, (P2#(1/P5)),Met1 ; Если условие выполнено, то номер телефона TA1 в P3
GATE NU P3,Met9 ; Свободен ли телефон с данным номером? Если да,
SEIZE P3 ; то занять его
TRANSFER ,Met3 ; Направить на интегратор
Met9 TERMINATE ; По телефону уже звонили, поэтому звонок не состоялся

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 2-й категории (ТА2)
GENERATE (Exponential(333,0,(T2_/N2_)))
Met7 ASSIGN 1,2 ; Код 2 - звонок с ТА2
ASSIGN 3,N1_ ; Подготовка к циклу - количество TA1 в P3
ASSIGN 5,N2_ ; Подготовка к циклу - количество TA2 в P5
ASSIGN 6, (Exponential(222,0,Trazg2)) ; Время разговора с ТА2 - в P6
ASSIGN 7, (Normal(34,Tog2,Tog02)) ; Время ожидания ТА2 - в P7
TRANSFER ,Met0 ; Направить для определения номера телефона

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 3-й категории (ТА3)
GENERATE (Exponential(333,0,(T3_/N3_)))
Met8 ASSIGN 1,3 ; Код 3 - звонок с ТА3
ASSIGN 3, (N1_+N2_) ; Подготовка к циклу - количество TA1+TA2 - в P3
ASSIGN 5,N3_ ; Подготовка к циклу - количество ТА3 - в P5
ASSIGN 6, (Exponential(222,0,Trazg3)) ; Время разговора с ТА3 - в P6
ASSIGN 7, (Normal(34,Tog3,Tog03)) ; Время ожидания ТА3 - в P7
TRANSFER ,Met0 ; Направить для определения номера телефона

; Сегмент имитации работы интегратора
Met3 ASSIGN 4,SN_ ; Подготовка к циклу
Met5 ASSIGN 4+,1 ; Начало цикла определения номера свободного внешне-
го выхода
GATE FV P4,Met12 ; Исправен ли интегратор? Если исправен, то
GATE U P4,Met4 ; Свободен ли внешний выход?
TEST GE P4,S_,Met5; Все ли внешние выходы проверены и не найдено свободного?
Met12 ADVANCE P7 ; Если да, то задержаться и
RELEASE P3 ; освободить телефон с номером в P3
Ter1 TERMINATE ; Несостоявшиеся разговоры из-за занятости внешнего выхода
Met4 SEIZE P4 ; Занять свободный внешний выход с номером в P4
ADVANCE P6 ; Имитация разговора
RELEASE P4 ; Освободить внешний выход с номером в P4
RELEASE P3 ; освободить телефон с номером в P3
Ter2 TRANSFER ,(Ter2+P1) ; Деление состоявшихся разговоров по категориям
Ter3 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с TA1
Ter4 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с TA2
Ter5 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с TA3

; Сегмент имитации выхода из строя интегратора нагрузки
GENERATE ,,,1
Met11 ADVANCE (Exponential(213,0,T4_)) ; Имитация времени до очередного отказа
ASSIGN 1,SN_ ; Подготовка к циклу
Met14 ASSIGN 1+,1 ; Начало цикла - сделать все внешние выходы недоступными
FUNAVAIL P1,RE,Met13 ; Сделать интегратор недоступным
TEST GE P1,S_,Met14 ; Все ли внешние выходы сделаны недоступными?
ADVANCE (Exponential(313,0,T5_)) ; Имитация времени восстановления интегратора
ASSIGN 1,SN_ ; Подготовка к циклу
Met15 ASSIGN 1+,1 ; Начало цикла - сделать все внешние выходы доступными
FAVAIL P1 ; Сделать интегратор доступным
TEST GE P1,S_,Met15 ; Все ли внешние выходы сделаны доступными?

```

```

TRANSFER ,Met11 ; Отправить для розыгрыша очередного отказа
Met13 RELEASE P4 ; Освободить внешний выход с номером в P4
TEST NE P1,1,Met16 ; Если разговор с TA1, предоставить время для завершения
RELEASE P3 ; Освободить телефон с номером в P3
TERMINATE ; Прерванные разговоры из-за неисправности интегратора
Met16 GATE FV P4 ; Прерывание разговора с TA1 на время восстановления
TRANSFER ,Met3 ; Продолжить разговор с TA1

; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов моделирования
GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования
TEST E TG1,1,Met10 ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то рассчитать
SAVEVALUE Ver1,(N$Ter3/N$Met6) ; Вероятность ведения разговоров с TA1
SAVEVALUE Ver2,(N$Ter4/N$Met7) ; Вероятность ведения разговоров с TA2
SAVEVALUE Ver3,(N$Ter5/N$Met8) ; Вероятность ведения разговоров с TA3
SAVEVALUE Ver,(N$Met4/N$Met0) ; Вероятность ведения разговоров с TA всех категорий
Met10 TERMINATE 1

```

Вариант 22

Постановка задачи

Интегратор нагрузки автоматической телефонной станции (АТС) обслуживает n_1 телефонных аппаратов (ТА) первой категории (ТА1), n_2 ТА второй категории (ТА2), n_3 ТА третьей категории (ТА3) и имеет n_4 внешних выходов в сеть связи. Количество ТА всех категорий S_n , а количество ТА всех категорий и внешних выходов в сеть связи – S . Интервалы времени T_1/n_1 , T_2/n_2 , T_3/n_3 с ТА первой, второй и третьей категорий на занятие внешних выходов случайные. Продолжительности разговоров с ТА первой, второй и третьей категорий t_1 , t_2 , t_3 соответственно. Время ожидания $t_{ож1}$, $t_{ож2}$, $t_{ож3}$ в случае занятости всех внешних выходов также случайное.

Вероятности звонков $p_{1i} = 1/n_1$, $p_{2j} = 1/n_2$, $p_{3k} = 1/n_3$ с i -го, j -го и k -го ТА первой, второй и третьей категорий соответственно. Во время звонка с ТА исключается новый звонок с него же.

Звонки с ТА первой категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к звонкам с ТА второй и третьей категорий при занятии внешнего выхода в сеть связи. Вследствие этого, если при поступлении заявки на разговор с ТА первой категории все внешние выходы будут заняты разговорами также с ТА первой категории, то прерывания не происходит и заявка считается потерянной.

Если же некоторые внешние выходы будут заняты разговорами с ТА второй и третьей категорий, то любой из этих разговоров после $t_{ож1}$ прерывается (те-ряется) и начинается разговор по этому выходу с ТА первой категории. Если при поступлении заявки на разговор с ТА второй или третьей категории все внешние выходы заняты, то заявка после ожидания $t_{ож1}$ считается потерянной.

Исходные данные

```

n1 = 10;      T1 = 400;      Exp(T1/n1);      Exp(T4) = Exp(2400);
n2 = 15;      T2 = 800;      Exp(T2/n2);      Exp(T4) = Exp(30);
n3 = 20;      T3 = 1200;     Exp(T3/n3);
n4 = 5;      Exp(t1) = Exp(240);  Exp(t2) = Exp(180);  Exp(t3) = Exp(120);
Sn = 45;      Normal(tож1, t0ож1) = Normal(25, 3);
S = 50;      Normal(tож2, t0ож2) = Normal(33, 5);
              Normal(tож3, t0ож3) = Normal(40, 7).

```

Значения n_1, n_2, n_3, n_4, S_n и S исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования АТС. Исследовать зависимость вероятностей разговоров от количества ТА и внешних выходов.

Программа модели

```
; Вариант 22
; Модель функционирования интегратора нагрузки
VrMod EQU 3600 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 с
N1_ EQU 10 ; Количество ТА1
N2_ EQU 15 ; Количество ТА2
N3_ EQU 20 ; Количество ТА3
N4_ EQU 5 ; Количество внешних выходов
SN_ EQU 45 ; Суммарное количество телефонов всех категорий
S_ EQU 50 ; Суммарное количество телефонов всех категорий и внешних выходов
T1_ EQU 400 ; Средний интервал между звонками с ТА1
T2_ EQU 800 ; Средний интервал между звонками с ТА2
T3_ EQU 1200 ; Средний интервал между звонками с ТА3
Tog1 EQU 25 ; Среднее время ожидания при звонке с ТА1
Tog01 EQU 3 ; Стандартное отклонение времени ожидания при звонке с ТА1
Tog2 EQU 33 ; Среднее время ожидания при звонке с ТА2
Tog02 EQU 5 ; Стандартное отклонение времени ожидания при звонке с ТА2
Tog3 EQU 40 ; Среднее время ожидания при звонке с ТА3
Tog03 EQU 7 ; Стандартное отклонение времени ожидания при звонке с ТА3
Trazg1 EQU 240 ; Среднее время разговора при звонке с ТА1
Trazg2 EQU 180 ; Среднее время разговора при звонке с ТА2
Trazg3 EQU 120 ; Среднее время разговора при звонке с ТА3
T4_ EQU 2400 ; Среднее время между отказами
T5_ EQU 30 ; Среднее время восстановления

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 1-й категории (ТА1)
GENERATE (Exponential(333,0,(T1_/N1_)))
Met6 ASSIGN 1,1 ; Код 1 - звонок с ТА1
ASSIGN 3,0 ; Подготовка к циклу
ASSIGN 5,N1_ ; Подготовка к циклу - количество ТА1 в P5
ASSIGN 6,(Exponential(222,0,Trazg1)) ; Время разговора с ТА1 - в P6
ASSIGN 7,(Normal(34,Tog1,Tog01)) ; Время ожидания ТА1 - в P7

; Определение номера звонящего телефона
Met0 ASSIGN 8,(RN43/1000) ; Обращение к генератору RN
ASSIGN 2,0 ; Подготовка к циклу
Met1 ASSIGN 3+,1 ; Начало цикла определения номера звонящего телефона ТА1
ASSIGN 2+,1 ; Счет телефонов, начиная с 1
TEST LE P8,(P2#(1/P5)),Met1 ; Если условие выполнено, то номер телефона ТА1 в P3
GATE NU P3,Met9 ; Свободен ли телефон с данным номером? Если да,
SEIZE P3 ; то занять его
TRANSFER ,Met3 ; Направить на интегратор
Met9 TERMINATE ; По телефону уже звонили, поэтому звонок не состоялся

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 2-й категории (ТА2)
GENERATE (Exponential(333,0,(T2_/N2_)))
Met7 ASSIGN 1,2 ; Код 2 - звонок с ТА2
ASSIGN 3,N1_ ; Подготовка к циклу - количество ТА1 в P3
ASSIGN 5,N2_ ; Подготовка к циклу - количество ТА2 в P5
ASSIGN 6,(Exponential(222,0,Trazg2)) ; Время разговора с ТА2 - в P6
```

```

ASSIGN 7, (Normal(34, Tog2, Tog02)) ; Время ожидания ТА2 - в Р7
TRANSFER ,Met0 ; Направить для определения номера телефона

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 3-й категории (ТА3)
GENERATE (Exponential(333,0, (T3_/N3_)))
Met8 ASSIGN 1,3 ; Код 3 - звонок с ТА3
ASSIGN 3, (N1_+N2_) ; Подготовка к циклу - количество ТА1+ТА2 - в Р3
ASSIGN 5, N3_ ; Подготовка к циклу - количество ТА3 - в Р5
ASSIGN 6, (Exponential(222,0, Trazg3)) ; Время разговора с ТА3 - в Р6
ASSIGN 7, (Normal(34, Tog3, Tog03)) ; Время ожидания ТА3 - в Р7
TRANSFER ,Met0 ; Направить для определения номера телефона

; Сегмент имитации работы интегратора
Met3 ASSIGN 4, SN_ ; Подготовка к циклу
Met5 ASSIGN 4+, 1_ ; Начало цикла определения номера свободного внешнего выхода
GATE U P4, Met4 ; Свободен ли внешний выход?
TEST GE P4, S_, Met5 ; Все ли внешние выходы проверены и не найдено свободного?
ASSIGN 4, SN_ ; Подготовка к циклу
Met18 ASSIGN 4+, 1_ ; Начало цикла: все ли выходы заняты ТА1?
TEST E X*4, 1, Met19 ; Если условие выполняется, то выход занят ТА1
TEST GE P4, S_, Met18 ; Все ли внешние выходы проверены?
Met12 ADVANCE P7 ; Да и все заняты ТА1. Тогда задержаться и
RELEASE P3 ; освободить телефон с номером в Р3
Ter1 TERMINATE ; Несостоявшиеся разговоры из-за занятости внешнего выхода
; Прерывание разговора при занятости всех выходов, в т.ч. ТА низкого приоритета
Met19 PREEMPT P4, PR, Met13 ; Прервать разговор с ТА низкого приоритета
SAVEVALUE P4, P1 ; Занести в ячейку P4 код категории ТА1
ADVANCE P7 ; Имитация разговора продолжительностью В Р7
RETURN P4 ; Освободить внешний выход с номером в Р4
RELEASE P3 ; Освободить ТА1 с номером в Р3
SAVEVALUE P4, 0 ; Обнулить ячейку, хранившую номер
TRANSFER ,Ter2 ; Отправить для учета состоявшийся разговор
Met13 RELEASE P4 ; Освободить внешний выход с номером в Р4
RELEASE P3 ; Освободить ТА2 или ТА3 с номером в Р3
TERMINATE ; Прерванные разговоры с ТА2 и ТА3

; Ведение разговоров без прерывания
Met4 SAVEVALUE P4, P1 ; Занести в ячейку P4 код категории ТА
SEIZE P4 ; Занять свободный внешний выход с номером в Р4
ADVANCE P6 ; Имитация разговора
RELEASE P4 ; Освободить внешний выход с номером в Р4
RELEASE P3 ; освободить телефон с номером в Р3
SAVEVALUE P4, 0 ; Обнуление X с номером в Р4
; Счет состоявшихся разговоров по категориям ТА
Ter2 TRANSFER , (Ter2+P1) ; Деление состоявшихся разговоров по категориям
Ter3 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА1
Ter4 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА2
Ter5 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с ТА3

; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов моделирования
GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования
TEST E TG1, 1, Met10 ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то рассчитать
SAVEVALUE Ver1, (N$Ter3/N$Met6) ; Вероятность ведения разговоров с ТА1
SAVEVALUE Ver2, (N$Ter4/N$Met7) ; Вероятность ведения разговоров с ТА2
SAVEVALUE Ver3, (N$Ter5/N$Met8) ; Вероятность ведения разговоров с ТА3
SAVEVALUE Ver, (N$Met4/N$Met0) ; Вероятность ведения разговоров с ТА всех категорий
Met10 TERMINATE 1

```

Вариант 23

Постановка задачи

Интегратор нагрузки автоматической телефонной станции (АТС) обслуживает n_1 телефонных аппаратов (ТА) первой категории (ТА1), n_2 ТА второй категории (ТА2), n_3 ТА третьей категории (ТА3) и имеет n_4 внешних выходов в сеть связи. Интервалы времени T_1/n_1 , T_2/n_2 , T_3/n_3 с ТА первой, второй и третьей категорий на занятие внешних выходов случайные. Продолжительности разговоров с ТА первой, второй и третьей категорий t_1 , t_2 , t_3 соответственно. Время ожидания $t_{ож1}$, $t_{ож2}$, $t_{ож3}$ в случае занятости всех внешних выходов также случайное.

Вероятности звонков $p_{1i} = 1/n_1$, $p_{2j} = 1/n_2$, $p_{3k} = 1/n_3$ с i -го, j -го и k -го ТА первой, второй и третьей категорий соответственно. Во время звонка с ТА исключается новый звонок с него же.

Звонки с ТА первой категории обладают абсолютным приоритетом по отношению к звонкам с ТА второй и третьей категорий при занятии внешнего выхода в сеть связи. Вследствие этого, если при поступлении заявки на разговор с ТА первой категории все внешние выходы будут заняты разговорами также с ТА первой категории, то прерывания не происходит и заявка считается потерянной. Если же некоторые внешние выходы будут заняты разговорами с ТА второй и третьей категорий, то любой из этих разговоров после $t_{ож1}$ прерывается (теряется) и начинается разговор по этому выходу с ТА первой категории. Если при поступлении заявки на разговор с ТА второй или третьей категории все внешние выходы заняты, то заявка после ожидания $t_{ож1}$ считается потерянной.

Интегратор подвержен отказам. Интервалы времени T_4 и длительности восстановления T_5 также случайны. При отказе интегратора для абонентов первой категории после восстановления работоспособности предоставляется время для завершения разговора. Разговоры абонентов второй и третьей категорий теряются и могут быть продолжены только повторно. До восстановления интегратора разговоры невозможны.

Исходные данные

| | | |
|-------------|--------------------------------------|--|
| $n_1 = 5;$ | $T_1 = 20;$ | $\text{Exp}(T_1/n_1);$ |
| $n_2 = 10;$ | $T_2 = 100;$ | $\text{Exp}(T_2/n_2);$ |
| $n_3 = 8;$ | $T_3 = 40;$ | $\text{Exp}(T_3/n_3);$ |
| $n_4 = 2;$ | $\text{Exp}(t_1) = \text{Exp}(300);$ | $\text{Exp}(t_2) = \text{Exp}(180)$ |
| | $\text{Exp}(t_3) = \text{Exp}(120);$ | $R_{av}(t_{ож1}, t_{ож2}) = R_{av}(2, 0.5).$ |

Значения n_1 , n_2 и n_3 , а также $S_n = n_1+n_2+n_3$ и $S = S_n+n_4$ исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования АТС. Исследовать зависимость вероятности разговоров от количества ТА и внешних выходов.

Программа модели

```
; Вариант 23
; Модель функционирования интегратора нагрузки
VrMod EQU 3600 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 с
N1_ EQU 10 ; Количество ТА1
N2_ EQU 15 ; Количество ТА2
N3_ EQU 20 ; Количество ТА3
N4_ EQU 5 ; Количество внешних выходов
SN_ EQU 45 ; Суммарное количество телефонов всех категорий
S_ EQU 50 ; Суммарное количество телефонов всех категорий и внешних выходов
T1_ EQU 400 ; Средний интервал между звонками с ТА1
T2_ EQU 800 ; Средний интервал между звонками с ТА2
T3_ EQU 1200 ; Средний интервал между звонками с ТА3
Tog1 EQU 25 ; Среднее время ожидания при звонке с ТА1
Tog01 EQU 3 ; Стандартное отклонение времени ожидания при звонке с ТА1
Tog2 EQU 33 ; Среднее время ожидания при звонке с ТА2
Tog02 EQU 5 ; Стандартное отклонение времени ожидания при звонке с ТА2
Tog3 EQU 40 ; Среднее время ожидания при звонке с ТА3
Tog03 EQU 7 ; Стандартное отклонение времени ожидания при звонке с ТА3
Trazg1 EQU 240 ; Среднее время разговора при звонке с ТА1
Trazg2 EQU 180 ; Среднее время разговора при звонке с ТА2
Trazg3 EQU 120 ; Среднее время разговора при звонке с ТА3
T4_ EQU 2400 ; Среднее время между отказами
T5_ EQU 30 ; Среднее время восстановления

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 1-й категории (ТА1)
GENERATE (Exponential(333,0,(T1_/N1_)))
Met6 ASSIGN 1,1 ; Код 1 - звонок с ТА1
ASSIGN 3,0 ; Подготовка к циклу
ASSIGN 5,N1_ ; Подготовка к циклу - количество ТА1 в P5
ASSIGN 6,(Exponential(222,0,Trazg1)) ; Время разговора с ТА1 - в P6
ASSIGN 7,(Normal(34,Tog1,Tog01)) ; Время ожидания ТА1 - в P7

; Определение номера звонящего телефона
Met0 ASSIGN 8,(RN43/1000) ; Обращение к генератору RN
ASSIGN 2,0 ; Подготовка к циклу
Met1 ASSIGN 3+,1 ; Начало цикла определения номера звонящего телефона ТА1
ASSIGN 2+,1 ; Счет телефонов, начиная с 1
TEST LE P8,(P2#(1/P5)),Met1 ; Если условие выполнено, то номер телефона ТА1 в P3
GATE NU P3,Met9 ; Свободен ли телефон с данным номером? Если да,
SEIZE P3 ; то занять его
TRANSFER ,Met3 ; Направить на интегратор
Met9 TERMINATE ; По телефону уже звонили, поэтому звонок не состоялся

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 2-й категории (ТА2)
GENERATE (Exponential(333,0,(T2_/N2_)))
Met7 ASSIGN 1,2 ; Код 2 - звонок с ТА2
ASSIGN 3,N1_ ; Подготовка к циклу - количество ТА1 в P3
ASSIGN 5,N2_ ; Подготовка к циклу - количество ТА2 в P5
ASSIGN 6,(Exponential(222,0,Trazg2)) ; Время разговора с ТА2 - в P6
ASSIGN 7,(Normal(34,Tog2,Tog02)) ; Время ожидания ТА2 - в P7
TRANSFER ,Met0 ; Направить для определения номера телефона

; Сегмент имитации телефонных разговоров с ТА 3-й категории (ТА3)
GENERATE (Exponential(333,0,(T3_/N3_)))
Met8 ASSIGN 1,3 ; Код 3 - звонок с ТА3
ASSIGN 3,(N1_+N2_) ; Подготовка к циклу - количество ТА1+ТА2 - в P3
ASSIGN 5,N3_ ; Подготовка к циклу - количество ТА3 - в P5
ASSIGN 6,(Exponential(222,0,Trazg3)) ; Время разговора с ТА3 - в P6
ASSIGN 7,(Normal(34,Tog3,Tog03)) ; Время ожидания ТА3 - в P7
TRANSFER ,Met0 ; Направить для определения номера телефона

; Сегмент имитации работы интегратора
```

```

Met3 ASSIGN 4,SN_ ; Подготовка к циклу
Met5 ASSIGN 4+,1_ ; Начало цикла определения номера свободного внешнего выхода
GATE FV P4,Met12 ; Исправен ли интегратор? Если исправен, то
GATE U P4,Met4 ; Свободен ли внешний выход?
TEST GE P4,S_,Met5 ; Все ли внешние выходы проверены и не найдено свободного?
ASSIGN 4,SN_ ; Подготовка к циклу
Met18 ASSIGN 4+,1_ ; Начало цикла: все ли выходы заняты TA1?
TEST E X*4,1,Met19 ; Если условие выполняется, то выход занят TA1
TEST GE P4,S_,Met18 ; Все ли внешние выходы проверены?
Met12 ADVANCE P7 ; Да и все заняты TA1. Тогда задержаться и
RELEASE P3 ; освободить телефон с номером в P3
Ter1 TERMINATE ; Несостоявшиеся разговоры из-за занятости внешнего выхода

; Прерывание разговора при занятости всех выходов, в т.ч. TA низкого приоритета
Met19 PREEMPT P4,PR,Met13 ; Прервать разговор с TA низкого приоритета
SAVEVALUE P4,P1 ; Занести в ячейку P4 код категории TA1
ADVANCE P7 ; Имитация разговора продолжительностью В P7
RETURN P4 ; Освободить внешний выход с номером в P4
RELEASE P3 ; Освободить TA1 с номером в P3
SAVEVALUE P4,0 ; Обнулить ячейку, хранившую номер
TRANSFER ,Ter2 ; Отправить для учета состоявшийся разговор

; Ведение разговоров без прерывания
Met4 SAVEVALUE P4,P1 ; Занести в ячейку P4 код категории TA
SEIZE P4 ; Занять свободный внешний выход с номером в P4
ADVANCE P6 ; Имитация разговора
RELEASE P4 ; Освободить внешний выход с номером в P4
RELEASE P3 ; освободить телефон с номером в P3

; Счет состоявшихся разговоров по категориям TA
Ter2 TRANSFER ,(Ter2+P1) ; Деление состоявшихся разговоров по категориям
Ter3 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с TA1
Ter4 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с TA2
Ter5 TERMINATE ; Состоявшиеся разговоры с TA3

; Сегмент имитации выхода из строя интегратора нагрузки
GENERATE ,,,1
Met11 ADVANCE (Exponential(213,0,T4_)) ; Имитация времени до очередного отказа
ASSIGN 1,SN_ ; Подготовка к циклу
Met14 ASSIGN 1+,1 ; Начало цикла - сделать все внешние выходы недоступными
FUNAVAIL P1,RE,Met13 ; Сделать интегратор недоступным
TEST GE P1,S_,Met14 ; Все ли внешние выходы сделаны недоступными?
ADVANCE (Exponential(313,0,T5_)) ; Имитация времени восстановления интегратора
ASSIGN 1,SN_ ; Подготовка к циклу
Met15 ASSIGN 1+,1 ; Начало цикла - сделать все внешние выходы доступными
FAVAIL P1 ; Сделать интегратор доступным
TEST GE P1,S_,Met15 ; Все ли внешние выходы сделаны доступными?
TRANSFER ,Met11 ; Отправить для розыгрыша очередного отказа
Met13 RELEASE P4 ; Освободить внешний выход с номером в P4
TEST NE P1,1,Met16 ; Если разговор с TA1, предоставить время для завершения
RELEASE P3 ; Освободить телефон с номером в P3
TERMINATE ; Прерванные разговоры из-за неисправности интегратора
Met16 GATE FV P4 ; Прерывание разговора с TA1 на время восстановления
TRANSFER ,Met3 ; Продолжить разговор с TA1

; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов моделирования
GENERATE VrMod ; Задание времени моделирования
TEST E TG1,1,Met10 ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то рассчитать
SAVEVALUE Ver1,(N$Ter3/N$Met6) ; Вероятность ведения разговоров с TA1
SAVEVALUE Ver2,(N$Ter4/N$Met7) ; Вероятность ведения разговоров с TA2
SAVEVALUE Ver3,(N$Ter5/N$Met8) ; Вероятность ведения разговоров с TA3
SAVEVALUE Ver,(N$Met4/N$Met0) ; Вероятность ведения разговоров с TA всех категорий
Met10 TERMINATE 1

```

2.7. Модели изготовления в цехе деталей

Вариант 24

Постановка задачи

Изготовление в цехе детали начинается через случайное время T_n . Выполнению операций предшествует подготовка. Длительность подготовки зависит от качества заготовки, из которой будет сделана деталь. Всего различных видов заготовок n_1 . Время подготовки подчинено экспоненциальному закону. Частота появления различных заготовок и средние значения времени их подготовки заданы таблицей дискретного распределения:

| | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Частота | 0,05 | 0,13 | 0,16 | 0,22 | 0,29 | 0,15 |
| Среднее время | 10 | 14 | 21 | 22 | 28 | 25 |

Для изготовления детали последовательно выполняются n операций, продолжительностями T_1, T_2, \dots, T_n соответственно. После каждой операции в течение времени $T_{k1}, T_{k2}, \dots, T_{kn}$ следует контроль. Время контроля – случайное. Контроль не проходят q_1, q_2, \dots, q_n % деталей соответственно. Бракованные детали поступают в окончательный блок контроля и проходят в нем проверку в течение случайного времени T_k . В результате из общего количества не прошедших контроль деталей $q(n+1)$ % деталей идут в брак, а оставшиеся $1 - q(n+1)$ % деталей подлежат повторному выполнению тех операций, после которых они не прошли контроль. Если деталь повторно не проходит контроль после повторного выполнения операции, она бракуется.

Исходные данные

$Exp(T_n) = Exp(30);$
 $n_1 = 6;$
 $n = 3;$ $Exp(T_1) = Exp(30);$ $Exp(T_2) = Exp(25);$
 $Nor(T_3, T_03) = Nor(35, 6);$
 $Exp(T_{k1}) = Exp(4);$ $Exp(T_{k2}) = Exp(5);$
 $Nor(T_{k3}, T_03) = Nor(15, 2);$
 $Exp(T_k) = Exp(8);$
 $q_1 = 20 \%;$ $q_2 = 15 \%;$ $q_3 = 10 \%;$
 $q_4 = 80 \%;$

Значения q_1, q_2, q_3, q_4 исследователь изменяет от исходных самостоятельно. Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 1$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель процесса изготовления деталей. Модель должна позволять определять абсолютное и относительное количество готовых и бракованных деталей, среднее время изготовления одной детали. Исследовать зависимость количества изготовленных деталей от качества выполнения операций q_1, q_2, q_3, q_4 .

Сделать выводы о загруженности пунктов выполнения операций и необходимых мерах по повышению количества изготовления деталей.

Время моделирования – 8 часов.

Программа модели

```
; Вариант 24
; Модель процесса изготовления деталей
; Задание исходных данных
ModelTime EQU 480 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 мин
Tn_ EQU 35 ; Среднее время между поступлениями заготовок
T1 EQU 30 ; Среднее время выполнения 1-й операции, мин
T2 EQU 25 ; Среднее время выполнения 2-й операции, мин
T3 EQU 35 ; Среднее время выполнения 3-й операции, мин
To3 EQU 6 ; Среднеквадратическое отклонение времени выполнения 3-й операции,
мин
Tk1 EQU 4 ; Среднее время контроля после 1-й операции, мин
Tk2 EQU 5 ; Среднее время контроля после 2-й операции, мин
Tk3 EQU 15 ; Среднее время контроля после 3-й операции, мин
Tok3 EQU 2 ; Среднеквадратическое отклонение времени контроля после 3-й опера-
ции, мин
Tk EQU 8 ; Среднее время окончательного контроля, мин
q1_ EQU .12 ; Доля брака после 1-й операции
q2_ EQU .15 ; Доля брака после 2-й операции
q3_ EQU .10 ; Доля брака после 3-й операции
q4_ EQU .80 ; Окончательная доля брака

; Описание функции времени подготовки заготовки для детали
Pod FUNCTION RN10,D6
.05,10/.18,14/.34,21/.56,22/.85,28/1,25

; Сегмент имитации изготовления деталей
GENERATE (Exponential(1,0,Tn_)) ; Источник заготовок для деталей
; Подготовка заготовок для деталей
QUEUE Pod ; Встать в очередь
SEIZE Pod ; Начать подготовку заготовки для детали
DEPART Pod ; Покинуть очередь
ADVANCE (Exponential(34,0, FN$Pod)) ; Имитация подготовки
RELEASE Pod ; Закончить подготовку заготовки для детали

; Имитация выполнения 1-й операции
DCount ASSIGN 1,1 ; Код 1 в P1-деталь проходит первый раз
ASSIGN 2,1 ; Код 1 в P2-признак 1-й операции
Oper1 QUEUE P2 ; Встать в очередь
SEIZE Konveer1 ; Начать первую операцию
DEPART P2 ; Покинуть очередь
ADVANCE (Exponential(23,0,T1)) ; Имитация выполнения 1-й операции
RELEASE Konveer1 ; Закончить выполнение 1-й операции
ADVANCE (Exponential(23,0,Tk1)) ; Имитация контроля после 1-й операции
TRANSFER q1_,,Sboi ; Отправить брак в блок контроля

; Имитация выполнения 2-й операции
ASSIGN 2,2 ; Код 2 в P2-признак 2-й операции
Oper2 QUEUE P2 ; Встать в очередь
SEIZE Konveer2 ; Начать вторую операцию
DEPART P2 ; Покинуть очередь
ADVANCE (Exponential(23,0,T2)) ; Имитация выполнения 2-й операции
RELEASE Konveer2 ; Закончить выполнение 2-й операции
ADVANCE (Exponential(23,0,Tk2)) ; Имитация контроля после 2-й операции
TRANSFER q2_,,Sboi ; Отправить брак в блок контроля

; Имитация выполнения 3-й операции
ASSIGN 2,3 ; Код 3 в P2-признак 3-й операции
Oper3 QUEUE P2 ; Встать в очередь
SEIZE Konveer3 ; Начать третью операцию
DEPART P2 ; Покинуть очередь
ADVANCE (Normal(20,T3,To3)) ; Имитация выполнения 3-й операции
RELEASE Konveer3 ; Закончить выполнение 3-й операции
```

```

ADVANCE (Normal(20,Tk3,Tok3)) ; Имитация контроля после 3-й операции
TRANSFER q3_,,Sboi ; Отправить брак в блок контроля
EndOper1 TERMINATE ; Счет готовых деталей

; Сегмент имитации работы блока контроля
Sboi ADVANCE (Exponential(23,0,Tk)) ; Имитация окончательного контроля
TRANSFER q4_,,EndOper ; Отправить в окончательный брак
TEST E P1,1,EndOper ; Если второй раз, то в окончательный брак
ASSIGN 1,2 ; Код 2 в P1-деталь проходит второй раз
Met9 TRANSFER ,(Met9+P2)
TRANSFER ,Oper1 ; Отправить для повторного выполнения 1-й операции
TRANSFER ,Oper2 ; Отправить для повторного выполнения 2-й операции
TRANSFER ,Oper3 ; Отправить для повторного выполнения 3-й операции
EndOper TERMINATE ; Счет брака

; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов моделирования
GENERATE ModelTime ; Время моделирования
TEST L X$Prog,TG1,Met11 ; Если условие выполняется, то
SAVEVALUE Prog,TG1 ; X$Prog=TG1 содержимому счетчика завершений
Met11 TRANSFER TG1,1,Met12 ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то
расчет результатов моделирования
SAVEVALUE NDet,(INT(N$EndOper1/X$Prog)) ; Количество готовых деталей, шт.
SAVEVALUE Brak,(INT(N$EndOper/X$Prog)) ; Количество забракованных деталей,
шт.
SAVEVALUE DoljaBrak,(X$Brak/(X$Brak+X$NDet)) ; Общая доля брака
SAVEVALUE DoljaDet,(X$NDet/(X$Brak+X$NDet)) ; Доля готовых деталей
SAVEVALUE TDet,(AC1/N$EndOper1) ; Среднее время изготовления одной детали,
мин
Met12 TERMINATE 1

```

Вариант 25

Постановка задачи

Изготовление в цехе детали начинается через случайное время T_n . Выполнению операций предшествует подготовка. Длительность подготовки зависит от качества заготовки, из которой будет сделана деталь. Всего различных видов заготовок n_1 . Время подготовки подчинено экспоненциальному закону. Частота появления различных заготовок и средние значения времени их подготовки заданы таблицей дискретного распределения:

| | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Частота | 0,05 | 0,13 | 0,16 | 0,22 | 0,29 | 0,15 |
| Среднее время | 10 | 14 | 21 | 22 | 28 | 25 |

Для изготовления детали последовательно выполняются n операций, продолжительностями T_1, T_2, \dots, T_n соответственно. После каждой операции в течение времени $T_{k1}, T_{k2}, \dots, T_{kn}$ следует контроль. Время контроля – случайное. Контроль не проходят q_1, q_2, \dots, q_n % деталей соответственно. Забракованные детали поступают в окончательный блок контроля и проходят в нем проверку в течение случайного времени T_k . В результате из общего количества не прошедших контроль деталей $q(n+1)$ % деталей идут в брак, а оставшиеся $1-q(n+1)$ % деталей подлежат повторному выполнению тех операций, после которых они не прошли контроль. Если деталь не проходит контроль после повторного выполнения операции, она бракуется.

Исходные данные

```
Exp(Tn) = Exp(30);
n1 = 6;
n = 3;   Exp(T1) = Exp(30);   Exp(T2) = Exp(25);
        Nor(T3, To3) = Nor(35, 6);
        Exp(Tk1) = Exp(4);   Exp(Tk2) = Exp(5);
        Nor(Tk3, To3) = Nor(15, 2);
        Exp(Tk) = Exp(8);
q1 = 20 %;   q2 = 15 %;
q3 = 10 %;   q4 = 80 %.
```

Значения q_1, q_2, q_3, q_4 исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,1$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель процесса изготовления деталей. Модель должна позволять определять абсолютное и относительное количество готовых и забракованных деталей, среднее время изготовления одной детали. Исследовать зависимость времени изготовления 20 деталей от качества выполнения операций q_1, q_2, q_3, q_4 .

Сделать выводы о загруженности пунктов выполнения операций и необходимых мерах по повышению количества изготовления деталей.

Программа модели

```
; Вариант 25
; Модель процесса изготовления деталей
; Задание исходных данных
; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 мин
Tn_   EQU    35      ; Среднее время между поступлениями заготовок
T1_   EQU    30      ; Среднее время выполнения 1-й операции, мин
T2_   EQU    25      ; Среднее время выполнения 2-й операции, мин
T3_   EQU    35      ; Среднее время выполнения 3-й операции, мин
To3   EQU    6      ; Среднеквадратическое отклонение времени выполнения 3-й операции,
мин
Tk1_  EQU    4       ; Среднее время контроля после 1-й операции, мин
Tk2_  EQU    5       ; Среднее время контроля после 2-й операции, мин
Tk3_  EQU    15      ; Среднее время контроля после 3-й операции, мин
Tok3  EQU    2      ; Среднеквадратическое отклонение времени контроля после 3-й опера-
ции, мин
Tk_   EQU    8       ; Среднее время окончательного контроля, мин
q1_   EQU    .12     ; Доля брака после 1-й операции
q2_   EQU    .15     ; Доля брака после 2-й операции
q3_   EQU    .10     ; Доля брака после 3-й операции
q4_   EQU    .80     ; Окончательная доля брака
N_    EQU    9      ; Количество деталей, которые необходимо изготовить, шт.

; Описание функции времени подготовки заготовки для детали
Pod   FUNCTION RN10,D6
      .05,10/.18,14/.34,21/.56,22/.85,28/1,25

; Сегмент имитации изготовления деталей
      GENERATE (Exponential(1,0,Tn_)) ; Источник заготовок для деталей
; Подготовка заготовок для деталей
      QUEUE   Pod ; Встать в очередь
```

```

SEIZE      Pod                ; Начать подготовку заготовки для детали
DEPART    Pod                ; Покинуть очередь
ADVANCE    (Exponential(34,0, FN$Pod)) ; Имитация подготовки
RELEASE    Pod                ; Закончить подготовку заготовки для детали

; Имитация выполнения 1-й операции
DCount    ASSIGN      1,1      ; Код 1 в P1-деталь проходит первый раз
          ASSIGN      2,1      ; Код 1 в P2-признак 1-й операции
Oper1     QUEUE       P2       ; Встать в очередь
          SEIZE       Konveer1  ; Начать первую операцию
          DEPART     P2       ; Покинуть очередь
          ADVANCE     (Exponential(23,0,T1)) ; Имитация выполнения 1-й операции
          RELEASE    Konveer1  ; Закончить выполнение 1-й операции
          ADVANCE     (Exponential(23,0,Tk1)) ; Имитация контроля после 1-й операции
          TRANSFER   q1_ , , Sboi ; Отправить брак в блок контроля

; Имитация выполнения 2-й операции
Oper2     ASSIGN      2,2      ; Код 2 в P2-признак 2-й операции
          QUEUE       P2       ; Встать в очередь
          SEIZE       Konveer2  ; Начать вторую операцию
          DEPART     P2       ; Покинуть очередь
          ADVANCE     (Exponential(23,0,T2)) ; Имитация выполнения 2-й операции
          RELEASE    Konveer2  ; Закончить выполнение 2-й операции
          ADVANCE     (Exponential(23,0,Tk2)) ; Имитация контроля после 2-й операции
          TRANSFER   q2_ , , Sboi ; Отправить брак в блок контроля

; Имитация выполнения 3-й операции
Oper3     ASSIGN      2,3      ; Код 3 в P2-признак 3-й операции
          QUEUE       P2       ; Встать в очередь
          SEIZE       Konveer3  ; Начать третью операцию
          DEPART     P2       ; Покинуть очередь
          ADVANCE     (Normal(20,T3,To3)) ; Имитация выполнения 3-й операции
          RELEASE    Konveer3  ; Закончить выполнение 3-й операции
          ADVANCE     (Normal(20,Tk3,Tok3)) ; Имитация контроля после 3-й операции
          TRANSFER   q3_ , , Sboi ; Отправить брак в блок контроля
          TRANSFER   ,EndOper1  ; Счет готовых деталей

; Сегмент имитации работы блока контроля
Sboi      ADVANCE     (Exponential(23,0,Tk)) ; Имитация окончательного контроля
          TRANSFER   q4_ , , EndOper ; Отправить в окончательный брак
          TEST E     P1,1,EndOper ; Если второй раз, то в окончательный брак
          ASSIGN     1,2      ; Код 2 в P1-деталь проходит второй раз
Met9      TRANSFER   ,(Met9+P2)
          TRANSFER   ,Oper1    ; Отправить для повторного выполнения 1-й операции
          TRANSFER   ,Oper2    ; Отправить для повторного выполнения 2-й операции
          TRANSFER   ,Oper3    ; Отправить для повторного выполнения 3-й операции
EndOper   TERMINATE

; Сегмент организации завершения моделирования и расчета результатов моделирования
EndOper1  TEST L     X$Prog,TG1,Met10 ; Если X$Prog< содержимого счетчика завершений, то
          SAVEVALUE Prog,TG1 ; записать в X$Prog содержимое счетчика завершений
          SAVEVALUE NDet,0 ; Обнуление счетчика готовых деталей
Met10     SAVEVALUE NDet+,1 ; Счет количества изготовленных деталей
          TEST E     X$NDet,N_ ,Term5 ; Если изготовлено N_ деталей, зафиксировать один
прогон
          TEST E     TG1,1,Met12 ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то
расчет результатов моделирования
          SAVEVALUE Brak,(INT(N$EndOper/X$Prog)) ; Количество забракованных деталей, шт.
          SAVEVALUE DoljaBrak,(X$Brak/(X$Brak+N_)) ; Общая доля брака
          SAVEVALUE DoljaDet,(N_/(X$Brak+N_)) ; Доля готовых деталей
          SAVEVALUE TDet,(AC1/N$EndOper1) ; Среднее время изготовления одной детали, мин
          SAVEVALUE STime,(X$TDet#N_) ; Среднее время изготовления N_ деталей, мин
Met12     SAVEVALUE NDet,0 ; Обнуление счетчика готовых деталей
          TERMINATE 1
Term5     TERMINATE ; Уничтожение транзактов - готовых деталей

```

2.8. Модели функционирования ремонтного подразделения

Вариант 26

Постановка задачи

В ремонтное подразделение средств связи (СС) поступают неисправные СС n типов с вероятностями p_1, p_2, \dots, p_n соответственно. Интервалы времени T_n между двумя очередными поступлениями одного типа СС случайные. Каждое СС любого типа может требовать одного из трех видов ремонта с вероятностями p_{11}, p_{21} или p_{31} соответственно.

В ремонтном подразделении имеются n_1, n_2, \dots, n_n мастеров для ремонта СС каждого типа соответственно. Мастера n_1 ремонтируют СС первого типа. Если их нет и мастера n_2, \dots, n_n групп заняты, они ремонтируют СС этих типов. При этом поступающие СС первого типа ожидают их освобождения. Мастера n_2 ремонтируют СС второго типа. Если их нет и мастера n_3, n_4, \dots, n_n групп заняты, они ремонтируют СС этих типов. При этом поступающие СС второго типа ожидают их освобождения. Аналогичные обязанности и у мастеров остальных групп. Только мастера n_n ремонтируют СС одного n -го типа.

Время ремонта n -го типа СС случайное, не зависит от мастера, а зависит только от вида ремонта: T_{11}, T_{12}, T_{13} – для СС первого типа, T_{21}, T_{22}, T_{23} – для СС второго типа, ..., $T_{n1}, T_{n2}, \dots, T_{nn}$ – для СС n -го типа.

Прием и распределение неисправных СС между мастерами осуществляется d диспетчерами. Время, затрачиваемое одним диспетчером на одно СС, T_1 , случайное. Диспетчерами не допускаются к ремонту q % СС всех типов.

Исходные данные

```
Exp(Tn) = Exp(30);  
n = 4;  
p1 = 0.2, p2 = 0.3, p3 = 0.25, p4 = 0.25;  
p11 = 0.5, p2 = 0.25, p3 = 0.25;  
n1 = 2; Exp(T11) = Exp(30); Exp(T12) = Exp(40); Exp(T13) = Exp(50);  
n2 = 1 Exp(T21) = Exp(20); Exp(T22) = Exp(30); Exp(T23) = Exp(40);  
n3 = 1 Exp(T31) = Exp(15); Exp(T32) = Exp(25); Exp(T33) = Exp(35);  
n4 = 1 Exp(T41) = Exp(25); Exp(T42) = Exp(35); Exp(T43) = Exp(45);  
d = 2; Nor(T1, To1) = Nor(15, 2); q = 2 %.
```

Значения p_1, p_2, p_3, p_4 исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,01$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования ремонтного подразделения. Исследовать зависимость количества отремонтированных СС и вероятностей ремонта средств связи всех типов от интервала T_n поступления их в ремонт и вероятностей p_1, p_2, p_3, p_4 .

Сделать выводы о загруженности каждой группы мастеров и необходимых мерах по повышению эффективности работы ремонтного подразделения.

Программа модели

```
; Вариант 26
; Модель ремонтного подразделения связи
; Замена имен МКУ номерами
Rem1 EQU 1 ; 1 группа мастеров
Rem2 EQU 2 ; 2 группа мастеров
Rem3 EQU 3 ; 3 группа мастеров
Rem4 EQU 4 ; 4 группа мастеров

; Задание МКУ-групп мастеров
Dis STORAGE 2 ; Количество диспетчеров
Rem1 STORAGE 2 ; Количество мастеров 1 группы
Rem2 STORAGE 1 ; Количество мастеров 2 группы
Rem3 STORAGE 1 ; Количество мастеров 3 группы
Rem4 STORAGE 1 ; Количество мастеров 4 группы

; Задание исходных данных
VrMod EQU 1440 ; Время моделирования, 1 ед. мод. вр. = 1 мин
TRem MATRIX ,4,3 ; Задание матрицы времени ремонта
n EQU 4 ; Количество типов СС
T1 EQU 15 ; Среднее время работы диспетчера с поступившим СС
To1 EQU 2 ; Среднеквадратическое отклонение времени работы диспетчера с по-
ступившим СС
Tp EQU 30 ; Средний интервал времени поступления одного типа СС
q EQU 0.02 ; Доля не допущенных диспетчером к ремонту СС
INITIAL MX$TRem(1,1),30 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 1 типа
INITIAL MX$TRem(1,2),40 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 1 типа
INITIAL MX$TRem(1,3),50 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 1 типа
INITIAL MX$TRem(2,1),20 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 2 типа
INITIAL MX$TRem(2,2),30 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 2 типа
INITIAL MX$TRem(2,3),40 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 2 типа
INITIAL MX$TRem(3,1),15 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 3 типа
INITIAL MX$TRem(3,2),25 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 3 типа
INITIAL MX$TRem(3,3),35 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 3 типа
INITIAL MX$TRem(4,1),25 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 4 типа
INITIAL MX$TRem(4,2),35 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 4 типа
INITIAL MX$TRem(4,3),45 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 4 типа
TipSS FUNCTION RN27,D4 ; Функция распределения поступающих типов СС
.2,1/.5,2/.75,3/1,4
VidRem FUNCTION RN72,D3 ; Функция распределения видов ремонтов поступающих СС
.5,1/.75,2/1,3

; Сегмент имитации поступления СС различных типов, требующих различных видов ремонта
GENERATE (Exponential(67,0,(Tp_/n_))) ; Источники СС
ASSIGN 1, FN$TipSS ; Код типа СС в P1
ASSIGN 2, FN$VidRem ; Код вида ремонта СС в P2
ASSIGN 4,0 ; Подготовка
ASSIGN 5,P1 ; Код типа СС также в P5

; Счет поступивших в ремонт СС
Met0 TRANSFER ,(Met0+P1)
Met01 TRANSFER ,Met1 ; 1 типа
Met02 TRANSFER ,Met1 ; 2 типа
Met03 TRANSFER ,Met1 ; 3 типа
Met04 TRANSFER ,Met1 ; 4 типа

; Сегмент имитации работы диспетчера
Met1 QUEUE OCH ; Занять очередь к диспетчеру
ENTER DIS ; Занять свободного диспетчера
DEPART OCH ; Покинуть очередь к диспетчеру
ADVANCE (Normal(35,T1,To1)) ; Имитация работы диспетчера со СС
LEAVE DIS ; Освободить диспетчера
TRANSFER q_ ,MET20 ; Не допустить q СС к ремонту
```

```

ASSIGN      3, (Exponential(317,0,MX$TRem(P1,P2))) ; Время ремонта-в P3
TEST E     P1,1,MET21 ; Мастерам 1 группы
GATE SF    P1,Met3 ; Мастера 1 группы заняты? Если да,
LINK       P1,FIFO ; то тогда ожидать
Met21     TEST E     P1,2,MET22 ; Мастерам 2 группы
GATE SF    P1,Met4 ; Мастера 2 группы заняты? Если да,
LINK       P1,FIFO ; то тогда ожидать
Met22     TEST E     P1,3,MET23 ; Мастерам 3 группы
GATE SF    P1,Met5 ; Мастера 3 группы заняты? Если да,
LINK       P1,FIFO ; то тогда ожидать
Met23     TEST E     P1,4 ; Мастерам 4 группы
GATE SF    P1,Met6 ; Мастера 4 группы заняты? Если да,
LINK       P1,FIFO ; то тогда ожидать

; Сегмент имитации работы мастеров 1 группы
MET3      ENTER     P1 ; Занять свободного мастера 1 группы
ADVANCE    P3 ; Имитация времени ремонта
LEAVE     P1 ; Освободить свободного мастера 1 группы
TEST NE   CH*1,0,Met24 ; Есть ли в очереди СС 1 типа? Если да,
UNLINK    P1,Met3,1 ; тогда на ремонт СС 1 типа
TRANSFER  ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met24     ASSIGN    4, (P1+1)
TEST NE   CH*4,0,Met25 ; Есть ли в очереди СС 2 типа? Если да,
UNLINK    P4,Met27,1 ; тогда на ремонт СС 2 типа
TRANSFER  ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met25     ASSIGN    4, (P1+1)
TEST NE   CH*4,0,Met26 ; Есть ли в очереди СС 3 типа? Если да,
UNLINK    P4,Met27,1 ; тогда на ремонт СС 3 типа
TRANSFER  ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met26     ASSIGN    4, (P1+1)
TEST NE   CH*4,0,Met7 ; Есть ли в очереди СС 4 типа? Если да,
UNLINK    P4,Met27,1 ; тогда на ремонт СС 4 типа
TRANSFER  ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met27     ASSIGN    1,1 ; Код 1 в P1, чтобы занять мастеров 1 группы
TRANSFER  ,Met3 ; Направить СС в 1 группу мастеров

; Сегмент имитации работы мастеров 2 группы
MET4      ENTER     P1 ; Занять свободного мастера 2 группы
ADVANCE    P3 ; Имитация времени ремонта
LEAVE     P1 ; Освободить свободного мастера 2 группы
TEST NE   CH*1,0,Met28 ; Есть ли в очереди СС 2 типа? Если да,
UNLINK    P1,Met3,1 ; тогда на ремонт СС 2 типа
TRANSFER  ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met28     ASSIGN    4, (P1+1)
TEST NE   CH*4,0,Met29 ; Есть ли в очереди СС 3 типа? Если да,
UNLINK    P4,Met30,1 ; тогда на ремонт СС 3 типа
TRANSFER  ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met29     ASSIGN    4, (P1+1)
TEST NE   CH*4,0,Met7 ; Есть ли в очереди СС 4 типа? Если да,
UNLINK    P4,Met30,1 ; тогда на ремонт СС 4 типа
TRANSFER  ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met30     ASSIGN    1,2 ; Код 2 в P1, чтобы занять мастеров 2 группы
TRANSFER  ,Met4 ; Направить СС во 2 группу мастеров

; Сегмент имитации работы мастеров 3 группы
MET5      ENTER     P1 ; Занять свободного мастера 3 группы
ADVANCE    P3 ; Имитация времени ремонта
LEAVE     P1 ; Освободить свободного мастера 3 группы
TEST NE   CH*1,0,Met31 ; Есть ли в очереди СС 3 типа? Если да,
UNLINK    P1,Met5,1 ; тогда на ремонт СС 3 типа
TRANSFER  ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met31     ASSIGN    4, (P1+1)
TEST NE   CH*4,0,Met7 ; Есть ли в очереди СС 4 типа? Если да,
UNLINK    P4,Met32,1 ; тогда на ремонт СС 4 типа
TRANSFER  ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета

```

```

Met32      ASSIGN      1,3          ; Код 3 в P1, чтобы занять мастеров 3 группы
           TRANSFER    ,Met5       ; Направить СС в 3 группу мастеров

; Сегмент имитации работы мастеров 4 группы
MET6       ENTER      P1          ; Занять свободного мастера 4 группы
           ADVANCE     P3          ; Имитация времени ремонта
           LEAVE       P1          ; Освободить свободного мастера 4 группы
           UNLINK      P1, Met6,1  ; Отправить на ремонт в 4 группу СС 4 типа

; Сегмент счета отремонтированных СС
MET7       TRANSFER    ,(Met7+P5)
MET8       TERMINATE                    ; 1 типа
MET9       TERMINATE                    ; 2 типа
MET10      TERMINATE                    ; 3 типа
MET11      TERMINATE                    ; 4 типа
MET20      TERMINATE                    ; Не допущенные к ремонту СС

; Сегмент задания времени моделирования и расчета результатов моделирования
GENERATE   VrMod          ; Время моделирования
TEST L     X$Prog, TG1, Met41 ; Если X$Prog < TG1, то
SAVEVALUE Prog, TG1       ; запомнить в X$Prog количество прогонов
Met41      TEST E       TG1, 1, Met42   ; Если TG1=1, то расчет результатов моделирования
SAVEVALUE KolSS1, (INT (N$Met8/X$Prog)) ; Количество отремонтированных СС 1 типа
SAVEVALUE KolSS2, (INT (N$Met9/X$Prog)) ; Количество отремонтированных СС 2 типа
SAVEVALUE KolSS3, (INT (N$Met10/X$Prog)); Количество отремонтированных СС 3 типа
SAVEVALUE KolSS4, (INT (N$Met11/X$Prog)); Количество отремонтированных СС 4 типа
SAVEVALUE VerSS1, (N$Met8/N$Met01)      ; Вероятность ремонта СС 1 типа
SAVEVALUE VerSS2, (N$Met9/N$Met02)      ; Вероятность ремонта СС 2 типа
SAVEVALUE VerSS3, (N$Met10/N$Met03)     ; Вероятность ремонта СС 3 типа
SAVEVALUE VerSS4, (N$Met11/N$Met04)     ; Вероятность ремонта СС 4 типа
SAVEVALUE VerSS, (N$Met7/N$Met0)        ; Вероятность ремонта СС всех типов
Met42      TERMINATE 1

```

Вариант 27

Постановка задачи

В ремонтное подразделение средств связи (СС) поступают неисправные СС n типов с вероятностями p_1, p_2, \dots, p_n соответственно. Интервалы времени T_p между двумя очередными поступлениями случайные. Каждое СС любого типа может требовать одного из трех видов ремонта с вероятностями p_{11}, p_{21} или p_{31} соответственно.

В ремонтном подразделении имеются n_1, n_2, \dots, n_n мастеров для ремонта СС каждого типа соответственно. Мастера n_1 ремонтируют СС первого типа. Если их нет и мастера n_2, \dots, n_n групп заняты, они ремонтирует СС этих типов. При этом поступающие СС первого типа ожидают их освобождения. Мастера n_2 ремонтируют СС второго типа. Если их нет и мастера n_3, n_4, \dots, n_n групп заняты, они ремонтирует СС этих типов. При этом поступающие СС второго типа ожидают их освобождения. Аналогичные обязанности и у мастеров остальных групп. Только мастера n_n ремонтируют СС одного n -го типа.

Время ремонта n -го типа СС случайное, не зависит от мастера, а зависит только от вида ремонта: T_{11}, T_{12}, T_{13} – для СС первого типа, T_{21}, T_{22}, T_{23} – для СС второго типа, ..., $T_{n1}, T_{n2}, \dots, T_{nn}$ – для СС n -го типа.

Прием и распределение неисправных СС между мастерами осуществляется диспетчером. Время, затрачиваемое диспетчером на одно СС, T_1 , случайное. Диспетчером не допускается к ремонту q % СС всех типов.

Исходные данные

```
Exp(Tп) = Exp(30);
n = 4;
p1 = 0.2, p2 = 0.3, p3 = 0.25, p4 = 0.25;
p11 = 0.5, p2 = 0.25, p3 = 0.25;
n1 = 2; Exp(T11) = Exp(30); Exp(T12) = Exp(40); Exp(T13) = Exp(50);
n2 = 1 Exp(T21) = Exp(20); Exp(T22) = Exp(30); Exp(T23) = Exp(40);
n3 = 1 Exp(T31) = Exp(15); Exp(T32) = Exp(25); Exp(T33) = Exp(35);
n4 = 1 Exp(T41) = Exp(25); Exp(T42) = Exp(35); Exp(T43) = Exp(45);
Nor(T1, To1) = Nor(15, 2);
q = 2 %.
```

Значения p_1, p_2, p_3, p_4 исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,1$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования ремонтного подразделения. Исследовать зависимость времени и вероятностей выполнения ремонта 35 СС первого и второго типов от интервала T_p поступления их в ремонт и вероятностей p_1, p_2, p_3, p_4 .

Сделать выводы о загруженности каждой группы мастеров и необходимых мерах по повышению эффективности работы ремонтного подразделения.

Программа модели

```
; Вариант 27
; Модель ремонтного подразделения связи
; Замена имен MKY номерами
Rem1 EQU 1 ; 1 группа мастеров
Rem2 EQU 2 ; 2 группа мастеров
Rem3 EQU 3 ; 3 группа мастеров
Rem4 EQU 4 ; 4 группа мастеров

; Задание MKY-групп мастеров
Dis STORAGE 2 ; Количество диспетчеров
Rem1 STORAGE 2 ; Количество мастеров 1 группы
Rem2 STORAGE 1 ; Количество мастеров 2 группы
Rem3 STORAGE 1 ; Количество мастеров 3 группы
Rem4 STORAGE 1 ; Количество мастеров 4 группы

; Задание исходных данных
TRem MATRIX ,4,3 ; Задание матрицы времени ремонта
n EQU 4 ; Количество типов СС
n1 EQU 35 ; Количество СС 1 и 2 типов, которые нужно отремонтировать
T1 EQU 15 ; Среднее время работы диспетчера с поступившим СС
To1 EQU 2 ; Среднеквадратическое отклонение времени работы диспетчера с поступившим СС
Tp EQU 30 ; Средний интервал времени поступления одного типа СС
q EQU 0.02 ; Доля не допущенных диспетчером к ремонту СС
INITIAL MX$TRem(1,1),30 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 1 типа
INITIAL MX$TRem(1,2),40 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 1 типа
INITIAL MX$TRem(1,3),50 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 1 типа
INITIAL MX$TRem(2,1),20 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 2 типа
INITIAL MX$TRem(2,2),30 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 2 типа
INITIAL MX$TRem(2,3),40 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 2 типа
```

```

INITIAL MX$TRem(3,1),15 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 3 типа
INITIAL MX$TRem(3,2),25 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 3 типа
INITIAL MX$TRem(3,3),35 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 3 типа
INITIAL MX$TRem(4,1),25 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 4 типа
INITIAL MX$TRem(4,2),35 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 4 типа
INITIAL MX$TRem(4,3),45 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 4 типа
TipSS FUNCTION RN27,D4 ; Функция распределения поступающих типов СС
.2,1/.5,2/.75,3/1,4
VidRem FUNCTION RN72,D3 ; Функция распределения видов ремонтов поступающих СС
.5,1/.75,2/1,3

```

```

; Сегмент имитации поступления СС различных типов, требующих различных видов ремонта
GENERATE (Exponential(67,0,(Tp_/n_))) ; Источники СС
ASSIGN 1, FN$TipSS ; Код типа СС в P1
ASSIGN 2, FN$VidRem ; Код вида ремонта СС в P2
ASSIGN 4,0 ; Подготовка
ASSIGN 5,P1 ; Код типа СС также в P5

```

```

; Счет поступивших в ремонт СС

```

```

Met0 TRANSFER ,(Met0+P5)
Met01 TRANSFER ,Met1 ; 1 типа
Met02 TRANSFER ,Met1 ; 2 типа
Met03 TRANSFER ,Met1 ; 3 типа
Met04 TRANSFER ,Met1 ; 4 типа

```

```

; Сегмент имитации работы диспетчеров

```

```

Met1 QUEUE OCH ; Занять очередь к диспетчеру
ENTER DIS ; Занять свободного диспетчера
DEPART OCH ; Покинуть очередь к диспетчеру
ADVANCE (Normal(35,T1,To1)) ; Имитация работы диспетчера со СС
LEAVE DIS ; Освободить диспетчера
TRANSFER q_ ,MET20 ; Не допустить q СС к ремонту
ASSIGN 3,(Exponential(317,0,MX$TRem(P1,P2))) ; Время ремонта-в P3
TEST E P1,1,MET21 ; Мастерам 1 группы
GATE SF P1,Met3 ; Мастера 1 группы заняты? Если да,
LINK P1,FIFO ; то тогда ожидать
Met21 TEST E P1,2,MET22 ; Мастерам 2 группы
GATE SF P1,Met4 ; Мастера 2 группы заняты? Если да,
LINK P1,FIFO ; то тогда ожидать
Met22 TEST E P1,3,MET23 ; Мастерам 3 группы
GATE SF P1,Met5 ; Мастера 3 группы заняты? Если да,
LINK P1,FIFO ; то тогда ожидать
Met23 TEST E P1,4 ; Мастерам 4 группы
GATE SF P1,Met6 ; Мастера 4 группы заняты? Если да,
LINK P1,FIFO ; то тогда ожидать

```

```

; Сегмент имитации работы мастеров 1 группы

```

```

MET3 ENTER P1 ; Занять свободного мастера 1 группы
ADVANCE P3 ; Имитация времени ремонта
LEAVE P1 ; Освободить свободного мастера 1 группы
TEST NE CH*1,0,Met24 ; Есть ли в очереди СС 1 типа? Если да,
UNLINK P1,Met3,1 ; тогда на ремонт СС 1 типа
TRANSFER ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met24 ASSIGN 4,(P1+1)
TEST NE CH*4,0,Met25 ; Есть ли в очереди СС 2 типа? Если да,
UNLINK P4,Met27,1 ; тогда на ремонт СС 2 типа
TRANSFER ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met25 ASSIGN 4,(P1+1)
TEST NE CH*4,0,Met26 ; Есть ли в очереди СС 3 типа? Если да,
UNLINK P4,Met27,1 ; тогда на ремонт СС 3 типа
TRANSFER ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met26 ASSIGN 4,(P1+1)
TEST NE CH*4,0,Met7 ; Есть ли в очереди СС 4 типа? Если да,
UNLINK P4,Met27,1 ; тогда на ремонт СС 4 типа
TRANSFER ,Met7 ; Отправить отремонтированное СС для учета

```

```

Met27      ASSIGN      1,1          ; Код 1 в P1, чтобы занять мастеров 1 группы
           TRANSFER    ,Met3       ; Направить CC в 1 группу мастеров

; Сегмент имитации работы мастеров 2 группы
MET4       ENTER      P1           ; Занять свободного мастера 2 группы
           ADVANCE     P3           ; Имитация времени ремонта
           LEAVE       P1           ; Освободить свободного мастера 2 группы
           TEST NE     CH*1,0,Met28 ; Есть ли в очереди CC 2 типа? Если да,
           UNLINK      P1,Met3,1   ; тогда на ремонт CC 2 типа
           TRANSFER    ,Met7       ; Отправить отремонтированное CC для учета
Met28      ASSIGN      4,(P1+1)    ;
           TEST NE     CH*4,0,Met29 ; Есть ли в очереди CC 3 типа? Если да,
           UNLINK      P4,Met30,1  ; тогда на ремонт CC 3 типа
           TRANSFER    ,Met7       ; Отправить отремонтированное CC для учета
Met29      ASSIGN      4,(P1+1)    ;
           TEST NE     CH*4,0,Met7  ; Есть ли в очереди CC 4 типа? Если да,
           UNLINK      P4,Met30,1  ; тогда на ремонт CC 4 типа
           TRANSFER    ,Met7       ; Отправить отремонтированное CC для учета
Met30      ASSIGN      1,2          ; Код 2 в P1, чтобы занять мастеров 2 группы
           TRANSFER    ,Met4       ; Направить CC во 2 группу мастеров

; Сегмент имитации работы мастеров 3 группы
MET5       ENTER      P1           ; Занять свободного мастера 3 группы
           ADVANCE     P3           ; Имитация времени ремонта
           LEAVE       P1           ; Освободить свободного мастера 3 группы
           TEST NE     CH*1,0,Met31 ; Есть ли в очереди CC 3 типа? Если да,
           UNLINK      P1,Met5,1   ; тогда на ремонт CC 3 типа
           TRANSFER    ,Met7       ; Отправить отремонтированное CC для учета
Met31      ASSIGN      4,(P1+1)    ;
           TEST NE     CH*4,0,Met7  ; Есть ли в очереди CC 4 типа? Если да,
           UNLINK      P4,Met32,1  ; тогда на ремонт CC 4 типа
           TRANSFER    ,Met7       ; Отправить отремонтированное CC для учета
Met32      ASSIGN      1,3          ; Код 3 в P1, чтобы занять мастеров 3 группы
           TRANSFER    ,Met5       ; Направить CC в 3 группу мастеров

; Сегмент имитации работы мастеров 4 группы
MET6       ENTER      P1           ; Занять свободного мастера 4 группы
           ADVANCE     P3           ; Имитация времени ремонта
           LEAVE       P1           ; Освободить свободного мастера 4 группы
           UNLINK      P1,Met6,1   ; Отправить на ремонт в 4 группу CC 4 типа

; Сегмент счета отремонтированных CC
MET7       TRANSFER    ,(Met7+P5)
MET8       TRANSFER    ,Met17      ; 1 типа
MET9       TRANSFER    ,Met17      ; 2 типа
MET10      TRANSFER    ,Met17      ; 3 типа
MET11      TRANSFER    ,Met17      ; 4 типа
MET20      TERMINATE          ; Не допущенные к ремонту CC

; Сегмент организации завершения моделирования и расчета результатов моделирования
Met17      TEST L     X$Prog,TG1,Met13 ; Если X$Prog< содержимого счетчика завершений, то
           SAVEVALUE Prog,TG1        ; записать в X$Prog содержимое счетчика завершений
           SAVEVALUE NDet,0          ; Обнуление счетчика отремонтированных CC
Met13      TEST LE     P5,2,Met15    ; Если отремонтированное CC 1 или 2 типа, то
           SAVEVALUE NDet+,1        ; счет количества отремонтированных CC 1 и 2 типов
           TEST E     X$NDet,n1_,Met15 ; Если отремонтировано n1_ CC, зафиксировать один
прогон
           TEST E     TG1,1,Met12    ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то
расчет результатов моделирования
           SAVEVALUE KolSS1,(INT(N$Met8/X$Prog)+1) ; Количество отремонтированных CC 1
типа
           SAVEVALUE KolSS2,(INT(N$Met9/X$Prog)); ; Количество отремонтированных CC 2 типа
           SAVEVALUE KolSS3,(INT(N$Met10/X$Prog); ; Количество отремонтированных CC 3 типа

```

```

SAVEVALUE KolSS4, (INT (N$Met11/X$Prog)) ; Количество отремонтированных СС 4 ти-
па
SAVEVALUE VerSS1, (N$Met8/N$Met01) ; Вероятность ремонта СС 1 типа
SAVEVALUE VerSS2, (N$Met9/N$Met02) ; Вероятность ремонта СС 2 типа
SAVEVALUE VerSS3, (N$Met10/N$Met03) ; Вероятность ремонта СС 3 типа
SAVEVALUE VerSS4, (N$Met11/N$Met04) ; Вероятность ремонта СС 4 типа
SAVEVALUE VerSS, (N$Met7/N$Met0) ; Вероятность ремонта СС всех типов
SAVEVALUE TRemSS, (AC1/N$Met7) ; Среднее время ремонта одного СС, мин
SAVEVALUE STime, (X$TRemSS#n1_) ; Среднее время ремонта n1_ СС 1 и 2 типов, мин
Met12 SAVEVALUE NDet, 0 ; Обнуление счетчика отремонтированных СС
TERMINATE 1
Met15 TERMINATE

```

Вариант 28

Постановка задачи

В ремонтное подразделение средств связи (СС) поступают неисправные СС n типов с вероятностями p_1, p_2, \dots, p_n соответственно. Интервалы времени T_p между двумя очередными поступлениями случайные. Каждое СС любого типа может требовать одного из трех видов ремонта с вероятностями p_{11}, p_{21} или p_{31} соответственно.

В ремонтном подразделении имеются n_1, n_2, \dots, n_n мастеров для ремонта СС каждого типа соответственно. Мастера n_1 ремонтируют СС первого типа. Если их нет и мастера n_2, \dots, n_n групп заняты, они ремонтирует СС этих типов. При этом поступающие СС первого типа ожидают их освобождения. Мастера n_2 ремонтируют СС второго типа. Если их нет и мастера n_3, n_4, \dots, n_n групп заняты, они ремонтирует СС этих типов. При этом поступающие СС второго типа ожидают их освобождения. Аналогичные обязанности и у мастеров остальных групп. Только мастера n_n ремонтируют СС одного n -го типа.

Время ремонта n -го типа СС случайное, не зависит от мастера, а зависит только от вида ремонта: T_{11}, T_{12}, T_{13} – для СС первого типа, T_{21}, T_{22}, T_{23} – для СС второго типа, ..., $T_{n1}, T_{n2}, \dots, T_{nn}$ – для СС n -го типа.

Прием и распределение неисправных СС между мастерами осуществляется диспетчером. Время, затрачиваемое диспетчером на одно СС, T_1 , случайное. Диспетчером не допускается к ремонту q % СС всех типов.

Исходные данные

```

Exp(Tп) = Exp(30);
n = 4;
p1 = 0.2, p2 = 0.3, p3 = 0.25, p4 = 0.25;
p11 = 0.5, p2 = 0.25, p3 = 0.25;
n1 = 2; Exp(T11) = Exp(30); Exp(T12) = Exp(40); Exp(T13) = Exp(50);
n2 = 2 Exp(T21) = Exp(20); Exp(T22) = Exp(30); Exp(T23) = Exp(40);
n3 = 1 Exp(T31) = Exp(15); Exp(T32) = Exp(25); Exp(T33) = Exp(35);
n4 = 2 Exp(T41) = Exp(25); Exp(T42) = Exp(35); Exp(T43) = Exp(45);
Nor(T1, To1) = Nor(15, 2);
q = 2 %.

```

Значения p_1, p_2, p_3, p_4 исследователь изменяет от исходных самостоятельно.

Результаты моделирования необходимо получить с точностью $\varepsilon = 0,1$ и доверительной вероятностью $\alpha = 0,99$.

Задание на исследование

Разработать имитационную модель функционирования ремонтного подразделения. Исследовать зависимость времени и вероятностей выполнения ремонта 50 СС первого, второго и четвертого типов от интервала Тп поступления их в ремонт и вероятностей p1, p2, p3, p4.

Сделать выводы о загруженности каждой группы мастеров и необходимых мерах по повышению эффективности работы ремонтного подразделения.

Программа модели

```
; Вариант 28
; Модель ремонтного подразделения связи
; Замена имен МКУ номерами
Rem1 EQU 1 ; 1 группа мастеров
Rem2 EQU 2 ; 2 группа мастеров
Rem3 EQU 3 ; 3 группа мастеров
Rem4 EQU 4 ; 4 группа мастеров

; Задание МКУ-групп мастеров
Dis STORAGE 2 ; Количество диспетчеров
Rem1 STORAGE 2 ; Количество мастеров 1 группы
Rem2 STORAGE 1 ; Количество мастеров 2 группы
Rem3 STORAGE 1 ; Количество мастеров 3 группы
Rem4 STORAGE 1 ; Количество мастеров 4 группы

; Задание исходных данных
TRem MATRIX ,4,3 ; Задание матрицы времени ремонта
n_ EQU 4 ; Количество типов СС
n1_ EQU 50 ; Количество СС 1 и 2 типов, которые нужно отремонтировать
T1 EQU 15 ; Среднее время работы диспетчера с поступившим СС
To1 EQU 2 ; Среднеквадратическое отклонение времени работы диспетчера с поступившим СС
Tp_ EQU 30 ; Средний интервал времени поступления одного типа СС
q_ EQU 0.02 ; Доля не допущенных диспетчером к ремонту СС
INITIAL MX$TRem(1,1),30 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 1 типа
INITIAL MX$TRem(1,2),40 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 1 типа
INITIAL MX$TRem(1,3),50 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 1 типа
INITIAL MX$TRem(2,1),20 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 2 типа
INITIAL MX$TRem(2,2),30 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 2 типа
INITIAL MX$TRem(2,3),40 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 2 типа
INITIAL MX$TRem(3,1),15 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 3 типа
INITIAL MX$TRem(3,2),25 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 3 типа
INITIAL MX$TRem(3,3),35 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 3 типа
INITIAL MX$TRem(4,1),25 ; Среднее время 1 вида ремонта СС 4 типа
INITIAL MX$TRem(4,2),35 ; Среднее время 2 вида ремонта СС 4 типа
INITIAL MX$TRem(4,3),45 ; Среднее время 3 вида ремонта СС 4 типа
TipSS FUNCTION RN27,D4 ; Функция распределения поступающих типов СС
.2,1/.5,2/.75,3/1,4
VidRem FUNCTION RN72,D3 ; Функция распределения видов ремонтов поступающих СС
.5,1/.75,2/1,3

; Сегмент имитации поступления СС различных типов, требующих различных видов ремонта
GENERATE (Exponential(67,0,(Tp_/n_))) ; Источники СС
ASSIGN 1, FN$TipSS ; Код типа СС в P1
ASSIGN 2, FN$VidRem ; Код вида ремонта СС в P2
ASSIGN 4, 0 ; Подготовка
ASSIGN 5, P1 ; Код типа СС также в P5

; Счет поступивших в ремонт СС
Met0 TRANSFER ,(Met0+P5)
```

```

Met01    TRANSFER  ,Met1                ; 1 типа
Met02    TRANSFER  ,Met1                ; 2 типа
Met03    TRANSFER  ,Met1                ; 3 типа
Met04    TRANSFER  ,Met1                ; 4 типа

; Сегмент имитации работы диспетчеров
Met1     QUEUE    OCH                    ; Занять очередь к диспетчеру
         ENTER    DIS                    ; Занять свободного диспетчера
         DEPART   OCH                    ; Покинуть очередь к диспетчеру
         ADVANCE  (Normal(35,T1,Tol))    ; Имитация работы диспетчера со СС
         LEAVE    DIS                    ; Освободить диспетчера
         TRANSFER q_ , ,MET20           ; Не допустить q СС к ремонту
         ASSIGN   3, (Exponential(317,0,MX$TRem(P1,P2))) ; Время ремонта-в P3
         TEST E   P1,1,MET21            ; Мастерам 1 группы
         GATE SF  P1,Met3                ; Мастера 1 группы заняты? Если да,
         LINK     P1,FIFO                ; то тогда ожидать
Met21    TEST E   P1,2,MET22            ; Мастерам 2 группы
         GATE SF  P1,Met4                ; Мастера 2 группы заняты? Если да,
         LINK     P1,FIFO                ; то тогда ожидать
Met22    TEST E   P1,3,MET23            ; Мастерам 3 группы
         GATE SF  P1,Met5                ; Мастера 3 группы заняты? Если да,
         LINK     P1,FIFO                ; то тогда ожидать
Met23    TEST E   P1,4                  ; Мастерам 4 группы
         GATE SF  P1,Met6                ; Мастера 4 группы заняты? Если да,
         LINK     P1,FIFO                ; то тогда ожидать

; Сегмент имитации работы мастеров 1 группы
MET3     ENTER    P1                    ; Занять свободного мастера 1 группы
         ADVANCE  P3                    ; Имитация времени ремонта
         LEAVE    P1                    ; Освободить свободного мастера 1 группы
         TEST NE  CH*1,0,Met24           ; Есть ли в очереди СС 1 типа? Если да,
         UNLINK   P1,Met3,1             ; тогда на ремонт СС 1 типа
         TRANSFER ,Met7                  ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met24    ASSIGN   4, (P1+1)              ;
         TEST NE  CH*4,0,Met25           ; Есть ли в очереди СС 2 типа? Если да,
         UNLINK   P4,Met27,1            ; тогда на ремонт СС 2 типа
         TRANSFER ,Met7                  ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met25    ASSIGN   4, (P1+1)              ;
         TEST NE  CH*4,0,Met26           ; Есть ли в очереди СС 3 типа? Если да,
         UNLINK   P4,Met27,1            ; тогда на ремонт СС 3 типа
         TRANSFER ,Met7                  ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met26    ASSIGN   4, (P1+1)              ;
         TEST NE  CH*4,0,Met7           ; Есть ли в очереди СС 4 типа? Если да,
         UNLINK   P4,Met27,1            ; тогда на ремонт СС 4 типа
         TRANSFER ,Met7                  ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met27    ASSIGN   1,1                    ; Код 1 в P1, чтобы занять мастеров 1 группы
         TRANSFER ,Met3                  ; Направить СС в 1 группу мастеров

; Сегмент имитации работы мастеров 2 группы
MET4     ENTER    P1                    ; Занять свободного мастера 2 группы
         ADVANCE  P3                    ; Имитация времени ремонта
         LEAVE    P1                    ; Освободить свободного мастера 2 группы
         TEST NE  CH*1,0,Met28           ; Есть ли в очереди СС 2 типа? Если да,
         UNLINK   P1,Met3,1             ; тогда на ремонт СС 2 типа
         TRANSFER ,Met7                  ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met28    ASSIGN   4, (P1+1)              ;
         TEST NE  CH*4,0,Met29           ; Есть ли в очереди СС 3 типа? Если да,
         UNLINK   P4,Met30,1            ; тогда на ремонт СС 3 типа
         TRANSFER ,Met7                  ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met29    ASSIGN   4, (P1+1)              ;
         TEST NE  CH*4,0,Met7           ; Есть ли в очереди СС 4 типа? Если да,
         UNLINK   P4,Met30,1            ; тогда на ремонт СС 4 типа
         TRANSFER ,Met7                  ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met30    ASSIGN   1,2                    ; Код 2 в P1, чтобы занять мастеров 2 группы
         TRANSFER ,Met4                  ; Направить СС во 2 группу мастеров

```

```

; Сегмент имитации работы мастеров 3 группы
MET5   ENTER      P1          ; Занять свободного мастера 3 группы
        ADVANCE   P3          ; Имитация времени ремонта
        LEAVE     P1          ; Освободить свободного мастера 3 группы
        TEST NE   CH*1,0,Met31 ; Есть ли в очереди СС 3 типа? Если да,
        UNLINK   P1,Met5,1    ; тогда на ремонт СС 3 типа
        TRANSFER ,Met7        ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met31  ASSIGN    4,(P1+1)
        TEST NE   CH*4,0,Met7  ; Есть ли в очереди СС 4 типа? Если да,
        UNLINK   P4,Met32,1    ; тогда на ремонт СС 4 типа
        TRANSFER ,Met7        ; Отправить отремонтированное СС для учета
Met32  ASSIGN    1,3          ; Код 3 в P1, чтобы занять мастеров 3 группы
        TRANSFER ,Met5        ; Направить СС в 3 группу мастеров

; Сегмент имитации работы мастеров 4 группы
MET6   ENTER      P1          ; Занять свободного мастера 4 группы
        ADVANCE   P3          ; Имитация времени ремонта
        LEAVE     P1          ; Освободить свободного мастера 4 группы
        UNLINK   P1,Met6,1    ; Отправить на ремонт в 4 группу СС 4 типа

; Сегмент счета отремонтированных СС
MET7   TRANSFER   ,(Met7+P5)
MET8   TRANSFER   ,Met17      ; 1 типа
MET9   TRANSFER   ,Met17      ; 2 типа
MET10  TRANSFER   ,Met17      ; 3 типа
MET11  TRANSFER   ,Met17      ; 4 типа
MET20  TERMINATE ; Не допущенные к ремонту СС

; Сегмент организации завершения моделирования и расчета результатов моделирования
Met17  TEST L     X$Prog,TG1,Met13 ; Если X$Prog< содержимого счетчика завершений, то
        SAVEVALUE Prog,TG1        ; записать в X$Prog содержимое счетчика завершений
        SAVEVALUE NDet,0          ; Обнуление счетчика отремонтированных СС
Met13  TEST NE   P5,4,Met16     ; Если отремонтированное СС 4 типа, или
        TEST LE   P5,2,Met15     ; отремонтированное СС 1 или 2 типа, то
Met16  SAVEVALUE NDet+,1 ; счет количества отремонтированных СС 1, 2 и 4 типов
        TEST E    X$NDet,n1_,Met15 ; Если отремонтировано n1_ СС, зафиксировать один
прогон
        TEST E    TG1,1,Met12     ; Если содержимое счетчика завершений равно 1, то
расчет результатов моделирования
        SAVEVALUE KolSS1,(INT(N$Met8/X$Prog)+1) ; Количество отремонтированных СС 1
типа
        SAVEVALUE KolSS2,(INT(N$Met9/X$Prog)) ; Количество отремонтированных СС 2 типа
        SAVEVALUE KolSS3,(INT(N$Met10/X$Prog)); Количество отремонтированных СС 3 типа
        SAVEVALUE KolSS4,(INT(N$Met11/X$Prog)); Количество отремонтированных СС 4 типа
        SAVEVALUE VerSS1,(N$Met8/N$Met01) ; Вероятность ремонта СС 1 типа
        SAVEVALUE VerSS2,(N$Met9/N$Met02) ; Вероятность ремонта СС 2 типа
        SAVEVALUE VerSS3,(N$Met10/N$Met03) ; Вероятность ремонта СС 3 типа
        SAVEVALUE VerSS4,(N$Met11/N$Met04) ; Вероятность ремонта СС 4 типа
        SAVEVALUE VerSS,(N$Met7/N$Met0) ; Вероятность ремонта СС всех типов
        SAVEVALUE TRemSS,(AC1/N$Met7) ; Среднее время ремонта одного СС, мин
        SAVEVALUE STime,(X$TRemSS#n1_) ; Среднее время ремонта n1_ СС 1 и 2
типов, мин
Met12  SAVEVALUE NDet,0          ; Обнуление счетчика отремонтированных СС
        TERMINATE 1
Met15  TERMINATE

```

3. ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ РУКОВОДИТЕЛЯ КУРСОВЫМ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ

3.1. Интерфейс руководителя курсовым проектированием

Интерфейс руководителя курсовым проектированием (ИРКП) должен быть интуитивно понятным, что подразумевает не очень большое количество разнообразных кнопок, однако при этом он не должен проигрывать в функциональности. Внешний вид должен соответствовать предназначению программы и настраивать пользователя на работу с конкретными средствами (в данном случае это GPSS World). Исходя из этого, был сделан выбор в пользу сине-оранжевых тонов оформления, т.к. синий это информативный цвет. Внешне программа вызывает ассоциацию с учебником по GPSS World, но это только внешне, на самом деле это совершенно иной продукт, как по предназначению, так и по исполнению. Давайте рассмотрим подробнее каждое окно программы.

После запуска приложения появляется первая форма, которая является главным меню приложения. На ней представлены 4 кнопки выполняющие различные функции (рис 3.1).

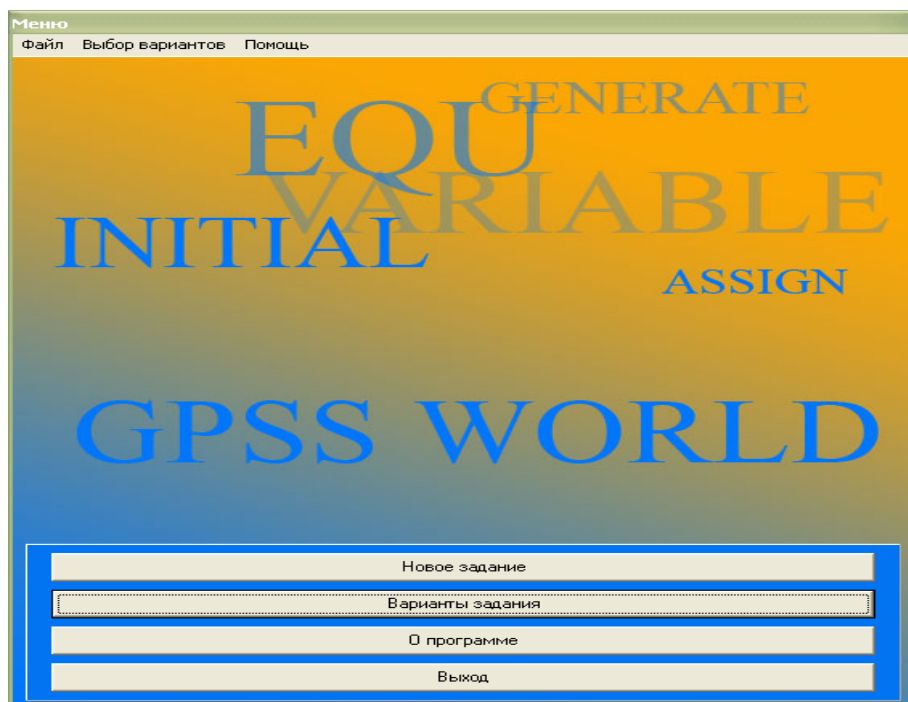


Рис 3.1.

Функции кнопок «**О программе**» и «**Выход**» особых разъяснений не требуют, а вот кнопки «**Новое задание**» и «**Варианты заданий**» рассмотрим подробнее. «**Варианты**

задания» является скорее вспомогательной кнопкой и представляет нам следующую форму, где мы можем просмотреть варианты заданий на курсовой проект (рис 3.2).

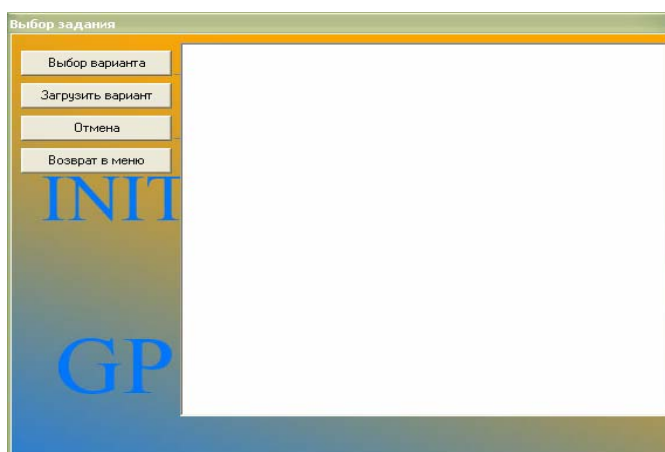


Рис 3.2.

Для просмотра задания необходимо щелкнуть на кнопку **«Выбор варианта»**, при этом открывается стандартный диалог для выбора. При нажатии на кнопку **«Загрузить вариант»** появляется окно **«Новое задание»** (рис 3.3). Кнопка отмена сбрасывает загруженный файл, а кнопка **«Возврат в меню»** возвращает пользователя в основное меню.

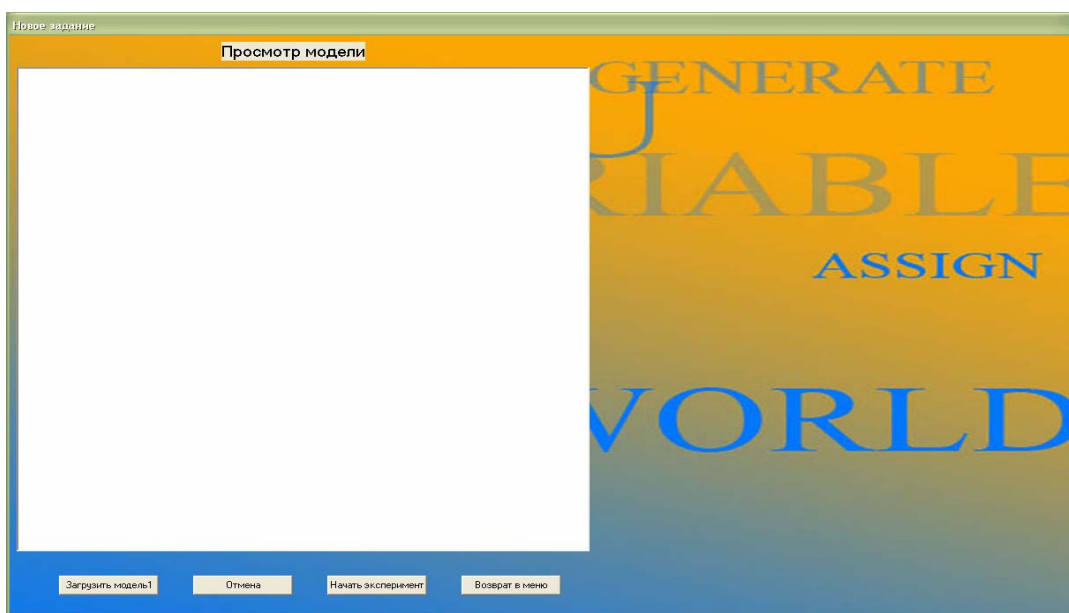


Рис 3.3.

Окно **«Новое задание»** предоставляет возможность загрузки и просмотра текста модели, для этого необходимо щелкнуть **«Загрузить модель1»**, как и на предыдущей форме открывается стандартный диалог, а также последовательно появляется ряд дополнительных элементов (рис 3.4).

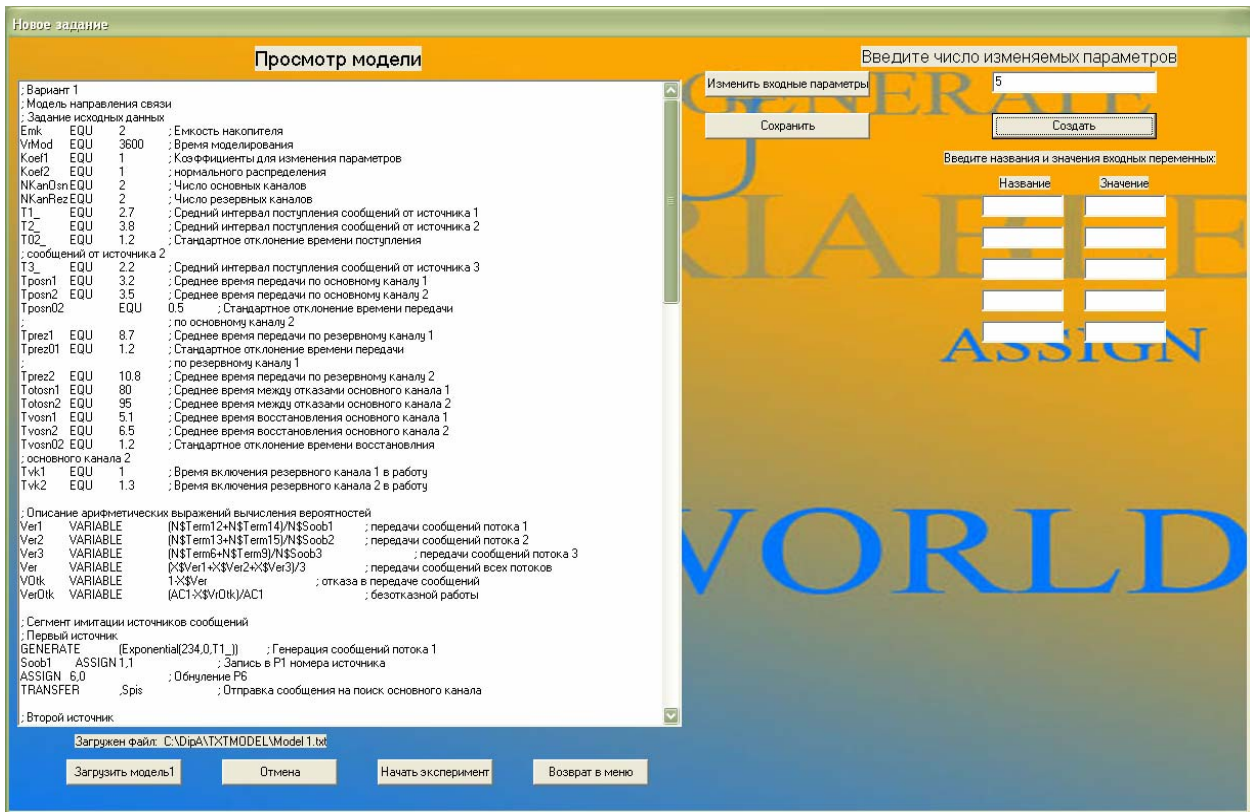


Рис 3.4.

Один из таких элементов, кнопка **«Изменить входные параметры»**, предоставляет пользователю возможность до начала проведения эксперимента внести коррективы в список констант, здесь реализован алгоритм динамического добавления элементов. После ввода названий констант и их новых значений в соответствующие поля необходимо щелкнуть кнопку **«Сохранить»**, чтобы изменения были внесены в текст GPSS модели. Если проводить изменения необязательно, то щелчком на **«Начать эксперимент»** переходим к следующему окну **«1 эксперимент»** (рис 3.5).

Программа модели загружается автоматически, далее для проведения эксперимента запускаем среду GPSS World нажатием кнопки **«Запуск GPSS»**. После запуска модели сохраняем отчет о проведении эксперимента и закрываем среду GPSS World. Далее загружаем отчет, опять же через стандартный диалог, который вызывается нажатием кнопки **«Загрузить отчет»**.

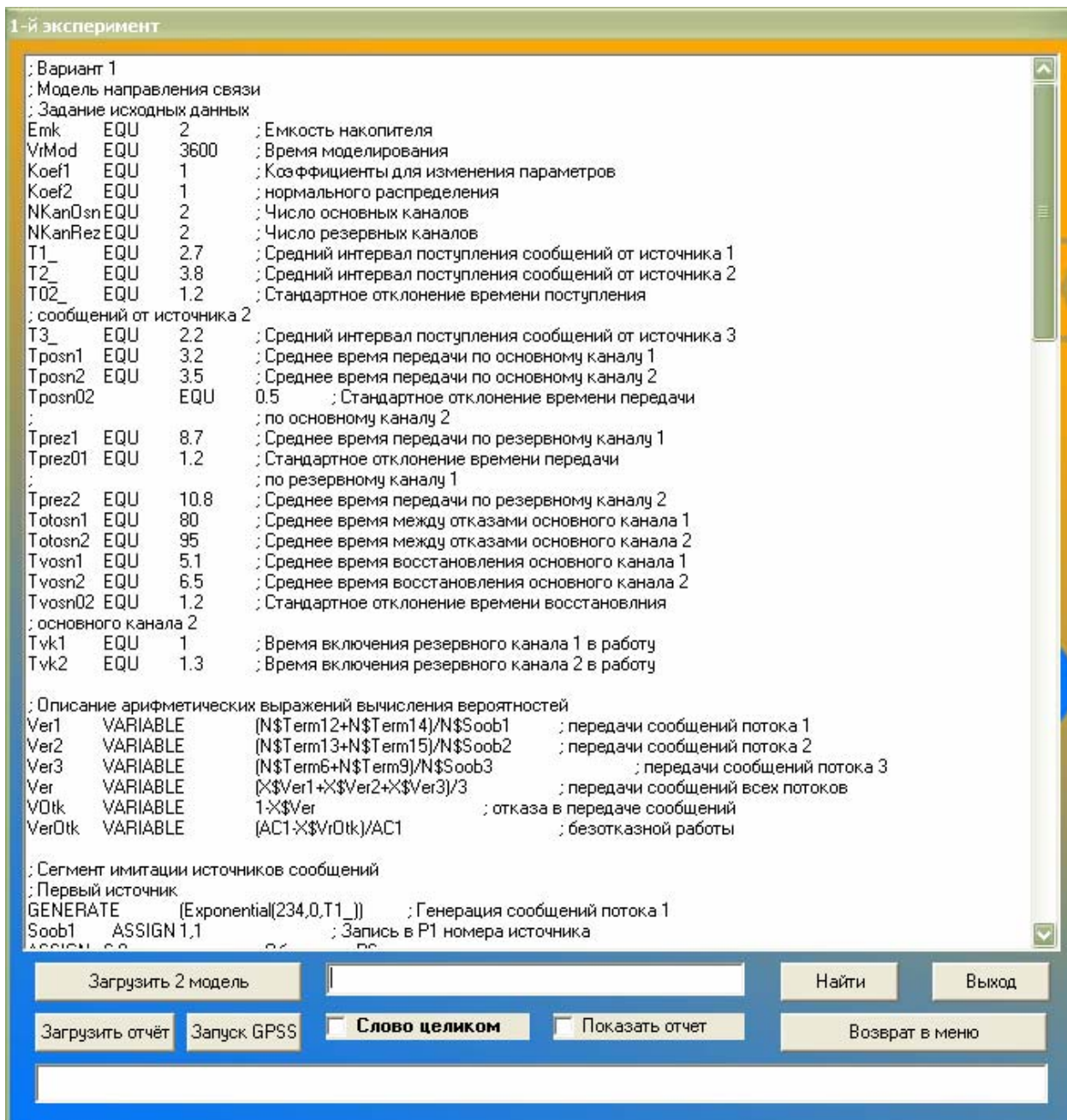


Рис 3.5.

После вышеописанных действий можно производить анализ результатов, для этого в разделе описания переменных берем интересующую нас переменную и вводим ее в поле для поиска, нажимаем кнопку «*Найти*», после этого значение данной переменной выводится в поле для вывода. Возможен поиск значения переменной в отчете, что называется вручную, для этого нужно поставить галочку в поле «*Показать отчет*», при этом в отдельном окне высветится отчет проведенного эксперимента (рис 3.5.1)

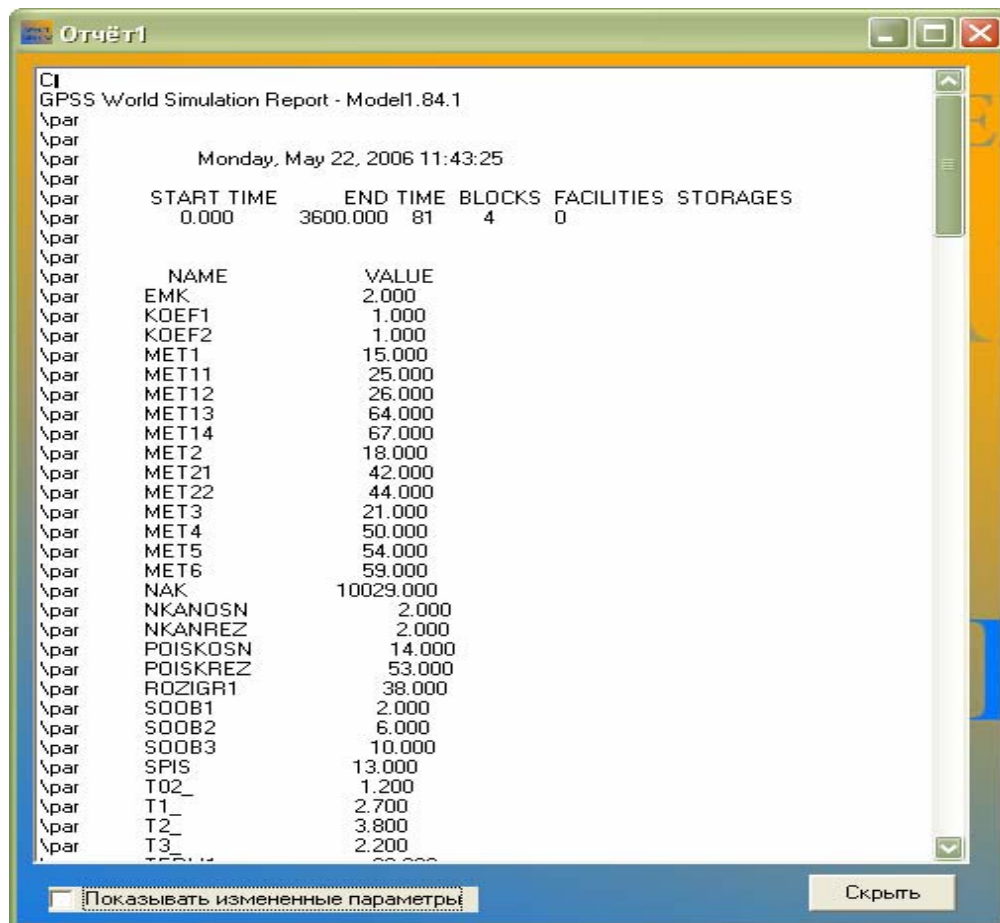


Рис 3.5.1.

Если поставить галочку в поле «*Показывать измененные параметры*», то появится окно, в котором отобразятся измененные пользователем константы, если же пользователь не менял их, то появится соответствующее сообщение (рис 3.5.2).

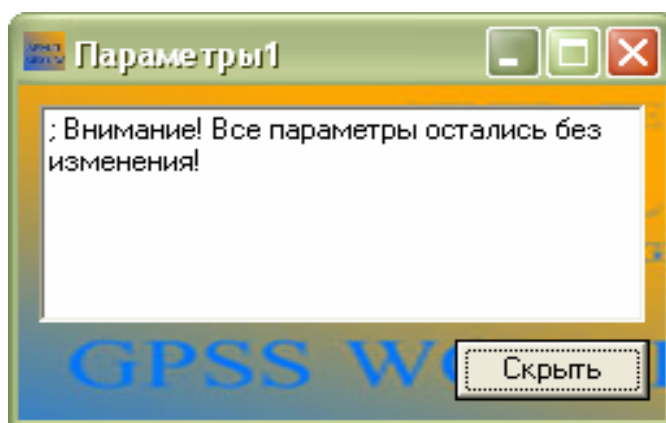


Рис 3.5.2.

Если пользователю нужно сравнить результаты проведения двух экспериментов, а не единичное значение переменной, то продолжаем работу с приложением нажатием кнопки «*Загрузить 2 модель*». Выполняем все действия описанные выше.

Для наглядности предусмотрен параллельный вывод переменных (рис 3.6 и рис 3.7).

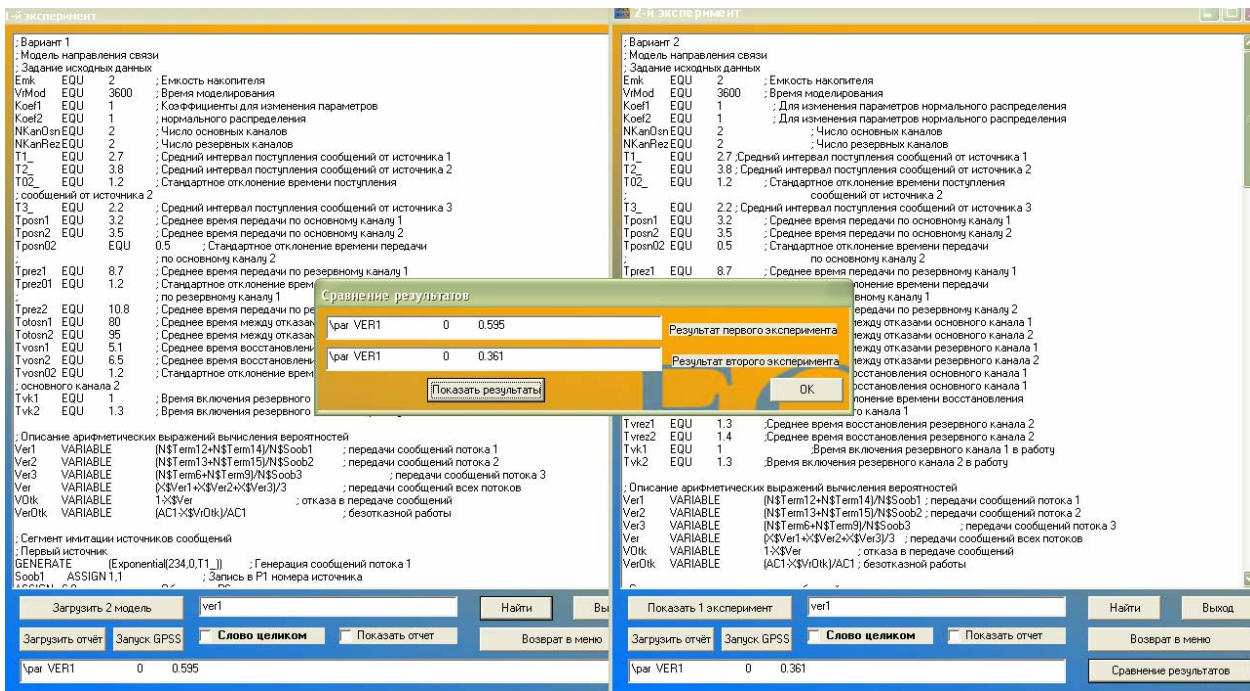


Рис 3.6.

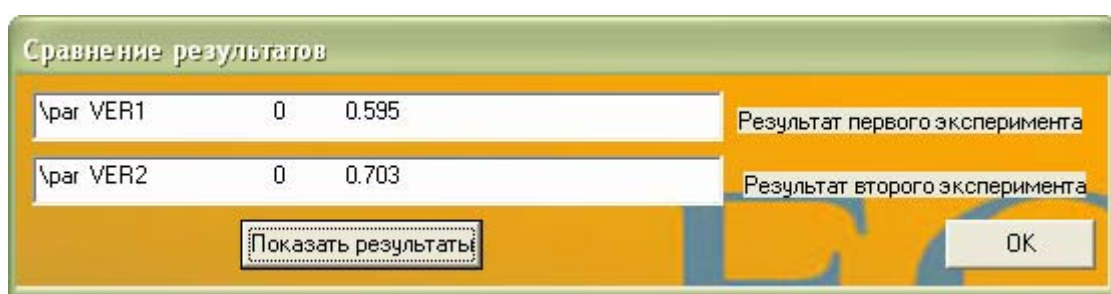


Рис 3.7.

3.2. Рекомендации руководителю курсовым проектированием по применению программного модуля

Для логичной и корректной работы приложения пользователю необходимо поместить приложение и сопутствующие файлы и папки в директорию `c:\DirA` и иметь модели в текстовом формате `*.txt` и в формате `*.gpr`, т.к. стандартные средства отображения Delphi (а именно в среде Delphi7 написано данное приложение), не всегда верно отображают файлы с иным (не `*.txt`) расширениями.

Также для реализации функции замены значений констант GPSS модель должна, после блока описания констант, содержать следующие строки:

```
include "c:\VrFail\var.txt"
```

```
include "c:\VrFail\var1.txt".
```

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Образцов П.И. Дидактический комплекс информационного обеспечения учебной дисциплины в системе ДО // Открытое образование. 2001. № 5
2. Образцов П.И. Психолого-педагогические аспекты разработки и применения в вузе информационных технологий обучения. Монография. - Орел, 2000.
3. Боев В. Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: Учеб. Пособие. — Спб.: БХВ-Петербург, 2004. — 368 с.
4. Боев В. Д., Сыпченко Р. П. Компьютерное моделирование: Руководство по курсовому проектированию. — СПб.: ВАУ, 2002. — 96 с.
5. Архангельский А. Я. Приемы программирования в Delphi. – М.:ООО «Бином - Пресс», 2004г. – 848с.: ил.
6. Архангельский А. Я. Delphi7. Справочное пособие. . – М.:ООО «Бином - Пресс», 2004г. – 1024с.: ил.
7. Фленов М.Е. Библия Delphi. — СПб.: БВХ—Петербург, 2005г. —880 с.: ил.