Задание 1

1. Выполнить моделирование системы рис.1 для случая экспоненциального распределения λ=0,1 (1/ч)

* вычислить среднее время безотказной работы системы и сравнить со значением MEAN в отчете *GPSS Report*;
* построить и сравнить графики вероятности безотказной работы, полученные с использованием аналитической формулы и данных последней колонки таблицы в отчете GPSSW.

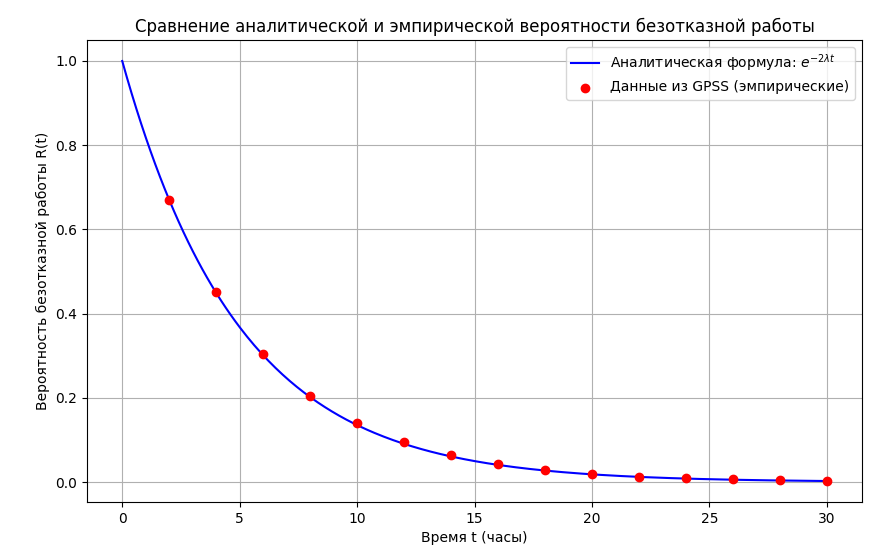


Среднее время безотказной работы будет равно =

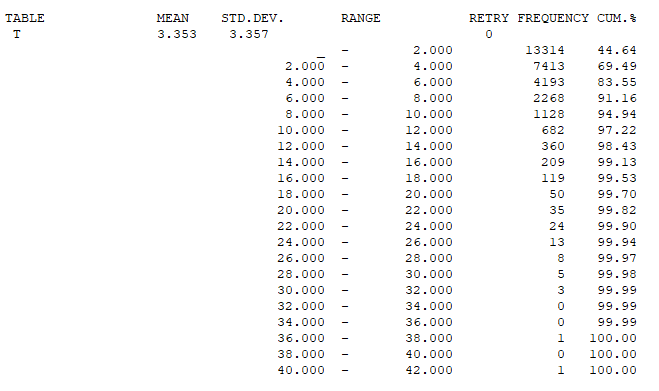
Значение MEAN:   
Данные сходятся.



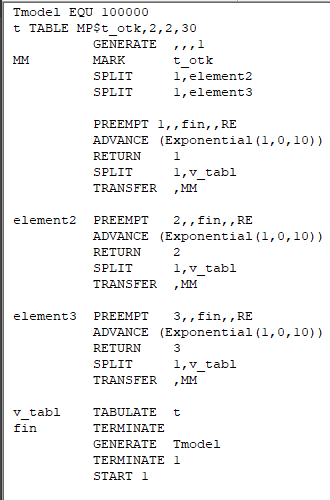
График из данных последней колонки



2. Выполнить моделирование системы с числом последовательно соединенных элементов >2, закон распределения выбрать самостоятельно.   
Моделирование системы с 3 элементами



Код:



3. Исследовать влияние коэффициента вариации на среднее время безотказной работы системы. Для этого выполнить моделирование системы рис.1 для различных распределений времени безотказной работы с одинаковым математическим ожиданием (например, для случая T=10(ч)). Изменения коснутся блоков ADVANCE(), в которых необходимо будет использовать соответствующие функции. На основании результатов моделирования сделать вывод о наличии (отсутствии) влияния коэффициента вариации на среднее время безотказной работы системы.

Проведем анализ влияния вариации на среднее время безотказной работы системы, для этого выполним тесты с использованием экспонтециального, вейбулловского, гамма и нормального распределения

Для экспотенциального распределения будем использовать:



Для распределения вейбулла будем использовать:



Для гамма распределения:



Для нормального распределения:



Результат тестов можем наблюдать на таблице 1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Распределение | экспотенциальное | вейбулла | гамма | нормальное |
| Результат |  |  |  |  |

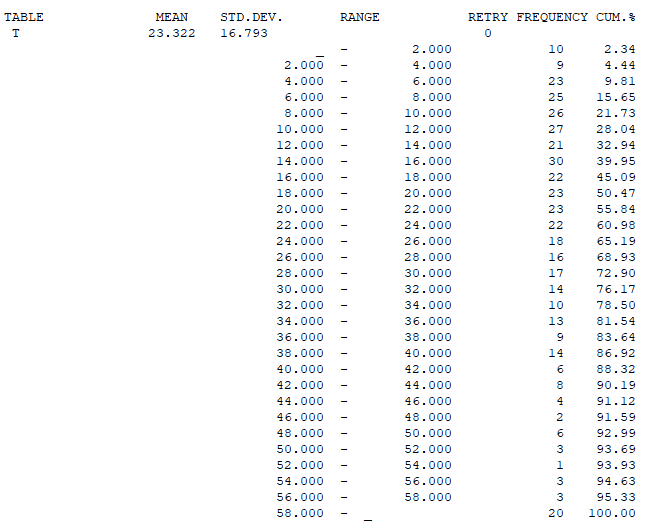
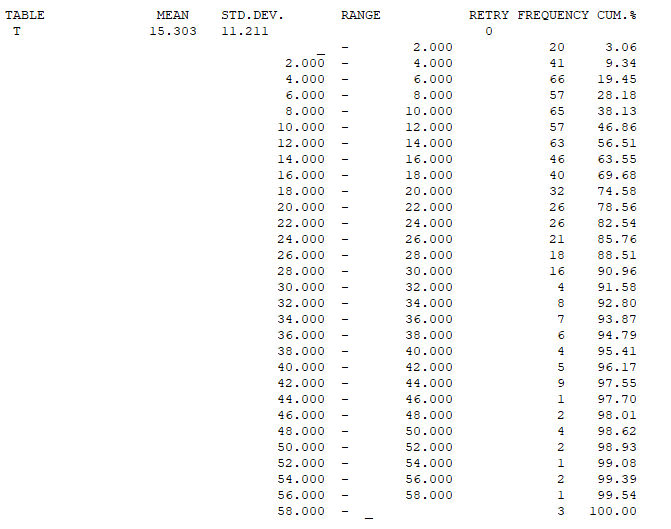
Таблица 1. – Результат прогона тестов

Посчитаем коэффициент вариации Kv как отношение среднеквадратичного отклонения (STD.DEV) к математическому ожиданию(MEAN)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Распределение | экспотенциальное | вейбулла | гамма | нормальное |
| Kv | 1,004 | 0,2282 | 0,6628 | 0,1460 |

Таким образом, коэффициент вариации оказывает заметное влияние на среднее время безотказной работы системы: при снижении Kv разброс времени отказов уменьшается, и среднее время безотказной работы, как правило, возрастает. Это особенно важно для систем, где надёжность критична — желательно выбирать такие распределения отказов, которые имеют меньший Kv (например, нормальное или вейбулловское при высоком параметре формы).  
  
Задание 2

1. Выполнить моделирование для m=2, λ = 0,1(1/ч). Сравнить среднее время безотказной работы, полученное при моделировании, со значением

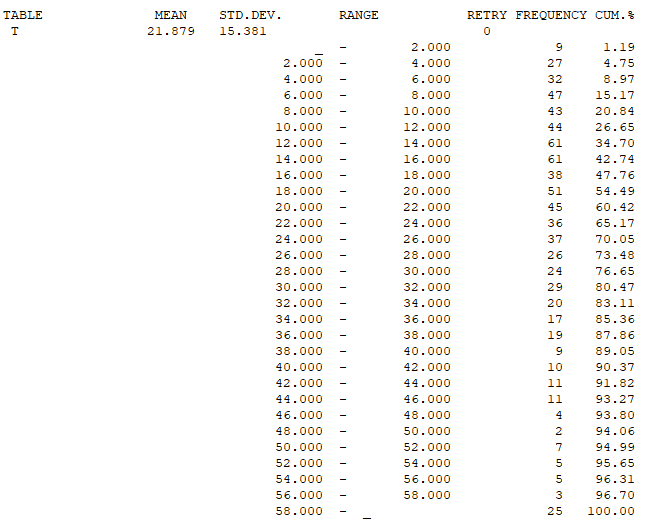


Потом сравнить

2. Построить модель и выполнить моделирование для числа параллельных элементов m>2, закон распределения – экспоненциальный. Сравнить среднее время безотказной работы, полученное при моделировании, со значением

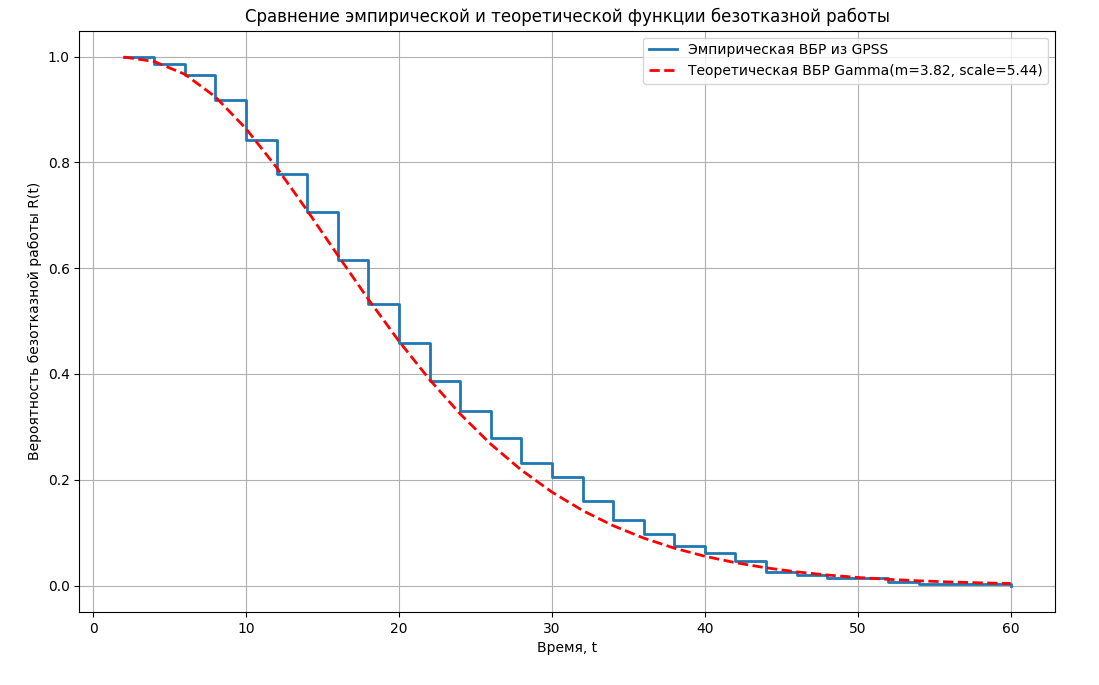
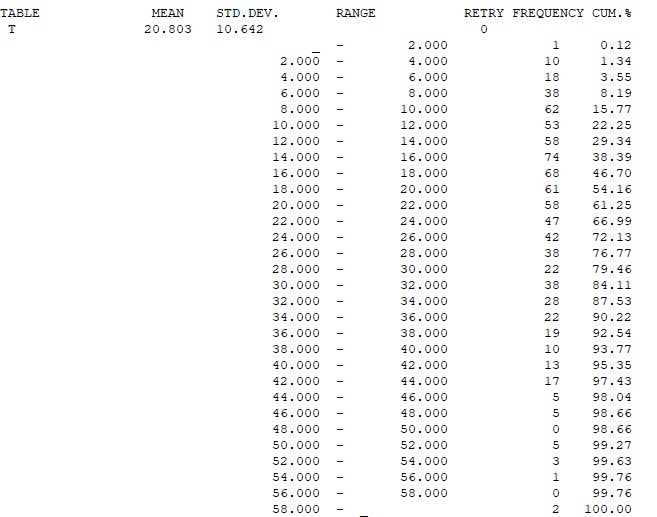
Посчитаем

Симуляция:



3. Выполнить моделирование для случая, когда распределение не является экспоненциальным (например, можно использовать распределение из Задания 1, m выбрать самостоятельно), получить среднее значение (MEAN), построить и сравнить графики вероятности безотказной работы, полученные с использованием аналитических формул и данных последней колонки таблицы в отчете.

Гамма-распределение



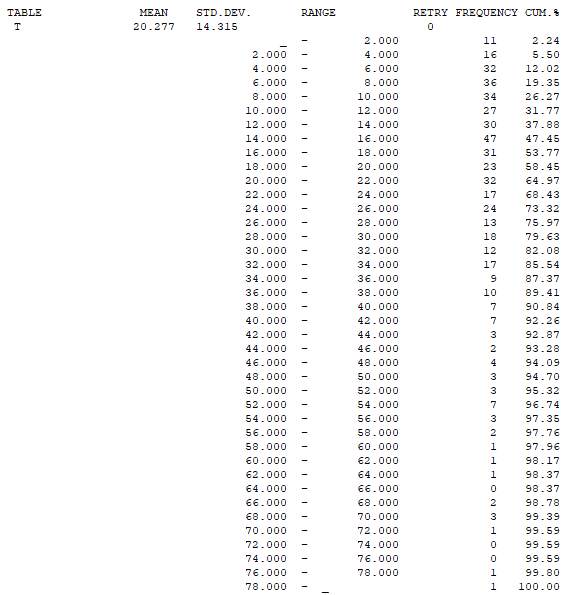
Задание 3.

1. Выполнить моделирование для случая ненагруженного дублирования, если время безотказной работы элементов подчиняется: а) экспоненциальному распределению с параметром λ = 0,1(1/ч);

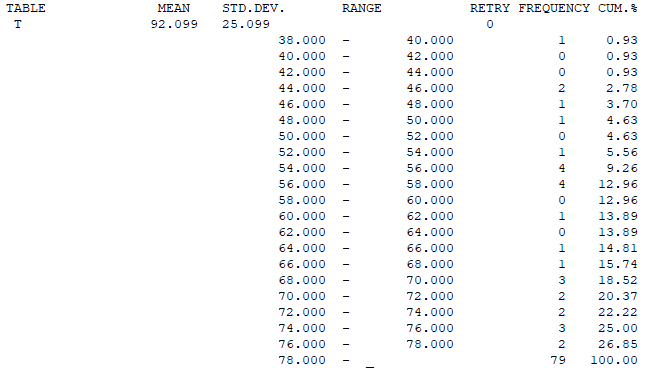
б) гамма-распределению с параметрами α=5, β=2 (m=10, σ=4,47, *Kv*=0,45).

Для каждого случая получить среднее значение (MEAN), построить и сравнить графики вероятности безотказной работы, полученные с использованием аналитических формул и данных последней колонки таблицы в отчете.

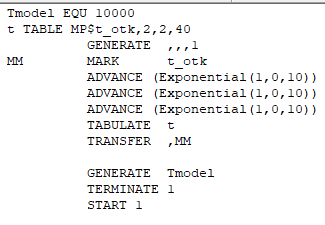
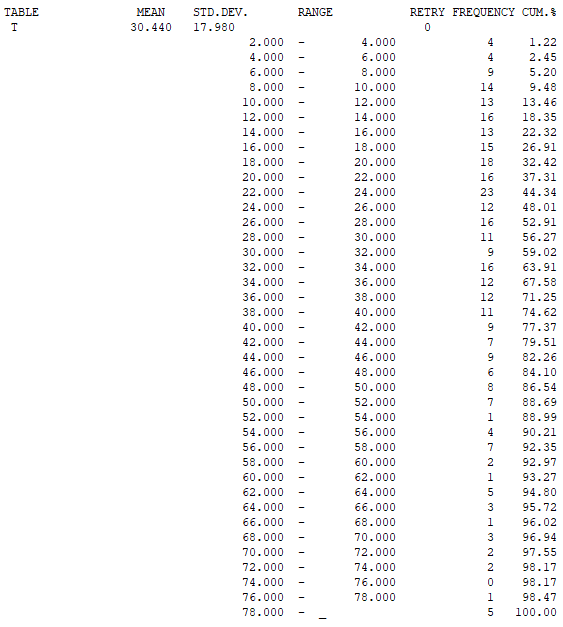
A)



Б)



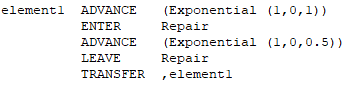
2. Выполнить моделирование системы для кратности резервирования >1, закон распределения и параметры выбрать самостоятельно.



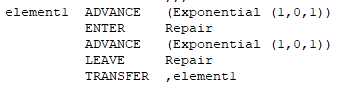
Задание 4.

Восстанавливаемая система без резерва. Экспоненциальные законы распределения времени безотказной работы и времени восстановления. Самостоятельно задать λ (1/ч). Провести моделирование для случаев: а) μ=0,5 λ (1/ч)); б) μ=λ (1/ч)); в) μ=2 λ (1/ч)). Определить коэффициенты готовности.

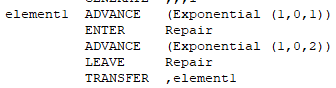
А) Случай (а) μ = 0.5



б) Случай (б) μ = 1



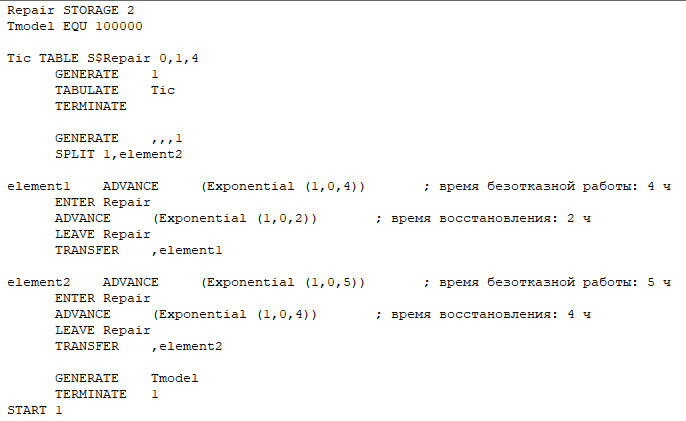
в) Случай (в) μ = 2



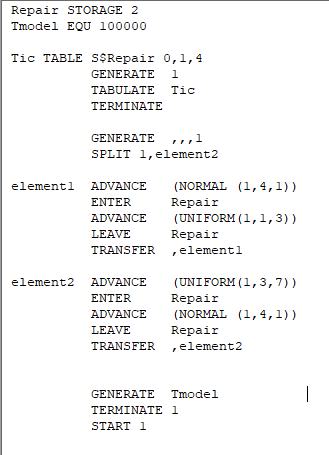
Задание 5.

1. Выполнить моделирование для случая, когда элементы системы разные. Элемент 1: среднее время безотказной работы 4(ч), среднее время восстановления 2(ч) (λ1=0,25 (1/ч), μ1=0,5 (1/ч)).

Элемент 2: среднее время безотказной работы 5(ч), среднее время восстановления 4(ч) (λ2=0,2 (1/ч), μ2=0,25 (1/ч)).



2. Выполнить моделирование для других распределений времени безотказной работы и времени восстановления.



## **Для element1:**

### **1. Время безотказной работы:**

ADVANCE (NORMAL(1,4,1))

* **Нормальное распределение** (Normal Distribution)
* Параметры:
* Генератор случайных чисел: 1
* Среднее (μ): 4
* Стандартное отклонение (σ): 1
* Обозначение: **N(4, 1)**

### **2. Время восстановления:**

ADVANCE (UNIFORM(1,1,3))

* **Равномерное распределение** (Uniform Distribution)
* Параметры:
* Генератор случайных чисел: 1
* Нижняя граница: 1
* Верхняя граница: 3
* Обозначение: **U(1, 3)**

## **Для element2:**

### **1. Время безотказной работы:**

ADVANCE (UNIFORM(1,3,7))

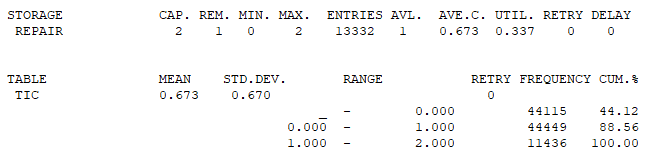
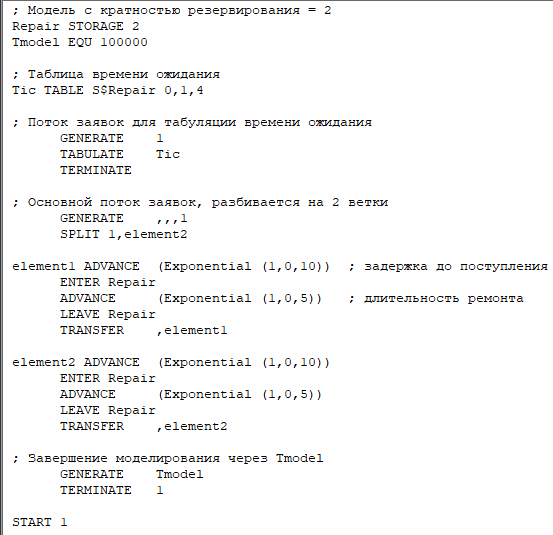
* **Равномерное распределение** (Uniform Distribution)
* Параметры:
* Генератор случайных чисел: 1
* Нижняя граница: 3
* Верхняя граница: 7
* Обозначение: **U(3, 7)**

### **2. Время восстановления:**

ADVANCE (NORMAL(1,4,1))

* **Нормальное распределение**
* Параметры: такие же, как у element1:
* Генератор: 1
* Среднее: 4
* Стандартное отклонение: 1
* Обозначение: **N(4, 1)**

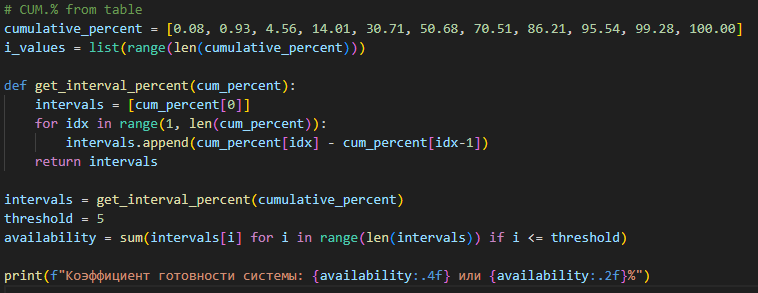
3. Разработать модель для кратности резервирования =2, распределения и параметры выбрать самостоятельно.



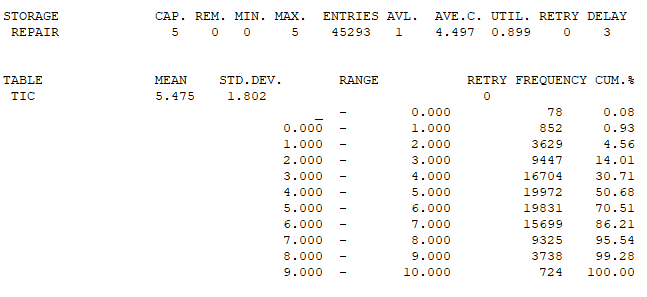
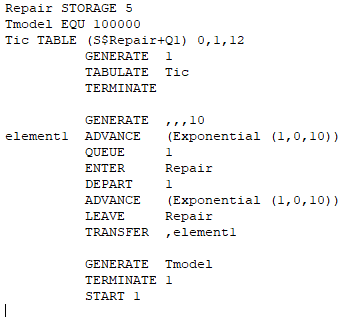
Задание 6.

Выполнить моделирование системы из примера 6, законы распределения – экспоненциальные, интенсивность отказов λ задать самостоятельно. Изменять μ, например, μ =0.5 λ , λ , 2 λ, 10 λ . Получить значения коэффициентов готовности, в предположении, что система работает, пока работают любые 5 элементов.

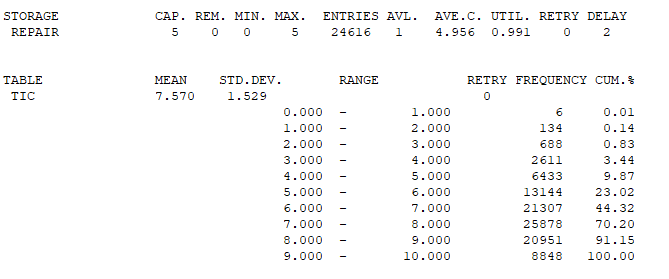
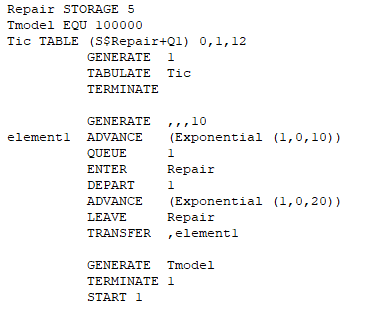
Для получения коэф. готовности будем использовать код:



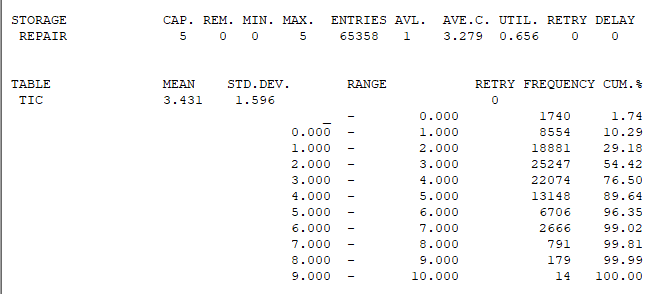
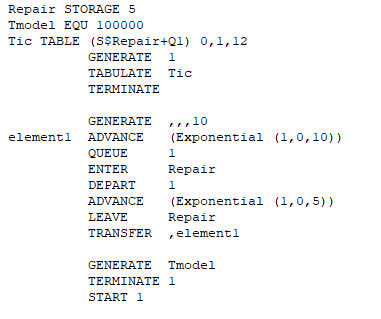
для μ = 0.1:



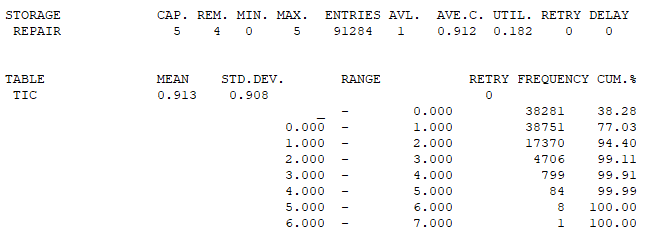
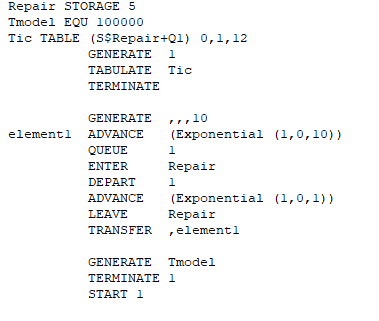
для μ = 0.05:



для μ = 0.2:



для μ = 1:



Задание 7.

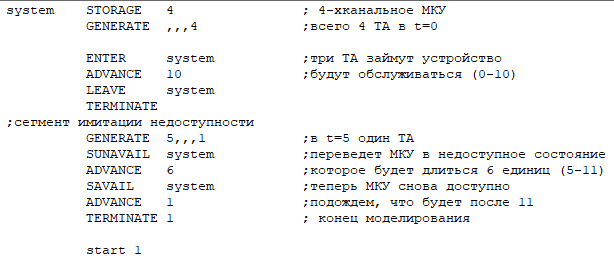
Выполнить моделирование примеров, проведенных в п.7. Проанализировать работоспособность моделей при изменении входных данных (число каналов, параметры генерации, обслуживания, недоступности).

Проанализировать и описать поведение ТА в модели и работу МКУ.

**mku1.gps**

Увеличение числа каналов  
Увеличим количество каналов до 4 и проведем анализ.

В результате моделирования выяснилось:

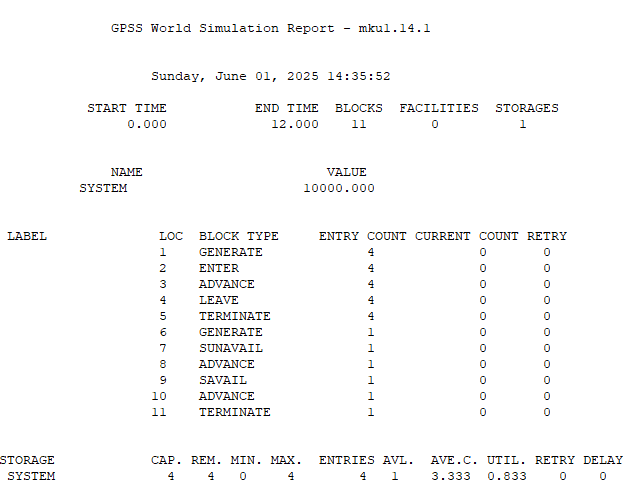


* при увеличении числа каналов МКУ до четырёх, все четыре ТА, поступившие в начальный момент времени (t=0), одновременно вошли в устройство и начали обслуживание, поскольку теперь стало достаточно каналов для всех;
* в момент наступления недоступности устройства (t=5), все ТА уже находились внутри МКУ и продолжали своё обслуживание без прерываний;
* по завершении обслуживания (t=10), все четыре ТА успешно покинули устройство, несмотря на то, что в это время МКУ всё ещё находилось в недоступном состоянии;
* после восстановления доступности (t=11), новых ТА уже не поступало, а модель завершилась на t=12.

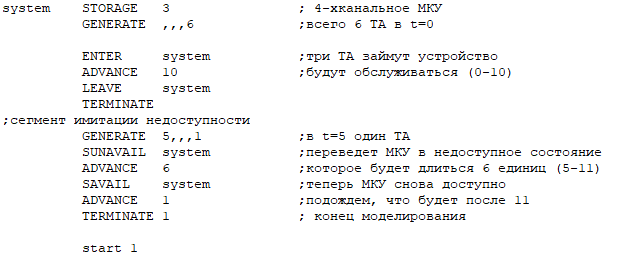
Таким образом, увеличение числа каналов до 4 позволило избежать блокировки на входе и обеспечило одновременное обслуживание всех ТА, поступивших в t=0. Недоступное состояние устройства при этом никак не повлияло на процесс обслуживания, поскольку оно блокирует только вход новых транзакций, но не прерывает текущую работу.

Следовательно, при увеличении числа каналов:

* исключается конкуренция за доступ к устройству;
* поведение системы при недоступности остаётся прежним — уже обслуживающиеся транзакции продолжают работу;
* необходимо учитывать, что одно лишь недоступное состояние не моделирует полный отказ, и для имитации остановки устройства требуется ввод дополнительных механизмов, например, прерывания обслуживания.



Увеличим параметры генерации до 6 ТА при 3 каналах



### **✅ Обновлённый GPSS-код с 3 каналами и 6 ТА:**

system STORAGE 3 ; 3-канальное МКУ

GENERATE ,,,6 ; всего 6 ТА в t=0

ENTER system ; первые 3 займут каналы

ADVANCE 10 ; обслуживание (0–10)

LEAVE system

TERMINATE

; сегмент имитации недоступности

GENERATE 5,,,1 ; в t=5 один ТА

SUNAVAIL system ; делает устройство недоступным

ADVANCE 6 ; недоступно до t = 11

SAVAIL system ; МКУ снова доступно

ADVANCE 1 ; подождем до конца моделирования

TERMINATE 1 ; конец моделирования

START 1

### **🔍 Анализ поведения при 3 каналах и 6 ТА**

#### **🕒 В момент t = 0:**

* Генерируется 6 ТА.
* Первые **3 ТА** занимают все доступные каналы и начинают обслуживание.
* Остальные **3 ТА остаются в ожидании** в блоке ENTER, так как каналов нет.

#### **🕒 В момент t = 5:**

* Срабатывает SUNAVAIL, устройство становится недоступным.
* 3 ТА внутри устройства **продолжают обслуживание** без помех.
* 3 ожидающих ТА остаются заблокированы, теперь уже из-за **двух причин**:

1. Нет свободных каналов.
2. Устройство недоступно (SUNAVAIL).

#### **🕒 В момент t = 10:**

* Обслужившиеся 3 ТА завершают ADVANCE, выходят (LEAVE), завершаются (TERMINATE).
* Каналы освобождаются, но устройство **всё ещё недоступно** до t = 11.

#### **🕒 В момент t = 11:**

* Срабатывает SAVAIL — устройство снова доступно.
* Оставшиеся 3 ТА начинают заходить в ENTER.

#### **🕒 В момент t = 12:**

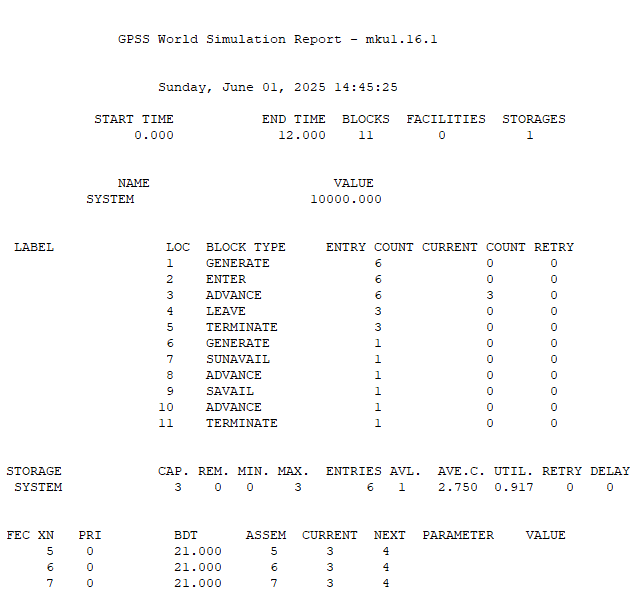
* Моделирование завершается. Начавшие входить ТА **не успевают обслужиться**, так как ADVANCE(10) ещё не завершён.

### **Вывод по результатам моделирования:**

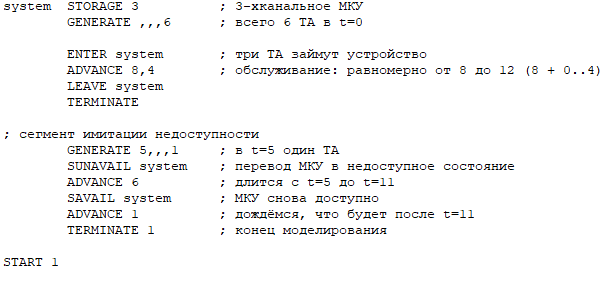
В результате моделирования при **3 каналах** и **6 ТА в начальный момент времени** было установлено:

* Все 3 канала устройства были заняты уже в начале моделирования (t = 0), оставшиеся 3 ТА **были заблокированы в ENTER**;
* В момент наступления недоступности устройства (t = 5), обслуживающиеся ТА **продолжили работу без прерывания**;
* Ожидающие ТА были заблокированы как из-за отсутствия каналов, так и из-за **недоступности устройства**, которая началась ещё до освобождения каналов;
* После восстановления доступности (t = 11), оставшиеся 3 ТА начали вход в устройство и **могли бы обслужиться**, если бы моделирование продолжалось;
* Однако в t = 12 модель завершила выполнение, и они **не успели пройти цикл обслуживания**.

Таким образом, при большем числе входных заявок, чем доступных каналов, **возникает очередь**, а недоступность устройства усиливает задержку, **не прерывая уже начатое обслуживание**. Для полноценного моделирования отказа устройства одного SUNAVAIL недостаточно — нужно добавлять прерывание (PREEMPT) или аналогичную механику.



Будем использовать обслуживание равномерно от 8 до 12



### **📊 Результаты моделирования (ожидаемое поведение):**

1. В момент времени **t=0** создаются 6 транзакт (ТА). Первые **3** сразу заходят в устройство system (все 3 канала заняты), остальные **3 ТА** попадают в очередь перед ENTER.
2. Обслуживание первых 3 ТА продолжается **неравномерно от 8 до 12 единиц времени**, так как установлен диапазон ADVANCE 8,4.
3. В момент времени **t=5** создаётся еще один ТА, запускающий **режим недоступности** SUNAVAIL — устройство становится **недоступным до t=11**.
4. Из оставшихся **3 ожидающих ТА**:

* Никто не сможет войти в system, пока он **недоступен** (даже если освободится канал).
* Они продолжают ждать на входе в ENTER.

1. После **t=11**, когда устройство снова становится доступным:

* Если к тому моменту кто-то из обслуженных ТА завершил работу, каналы освобождаются.
* Ожидающие ТА (и тот, что пришёл в t=5) **поочерёдно занимают каналы** и начинают обслуживание (если время ещё позволяет).

### **📌 Анализ по аналогии с предыдущим случаем:**

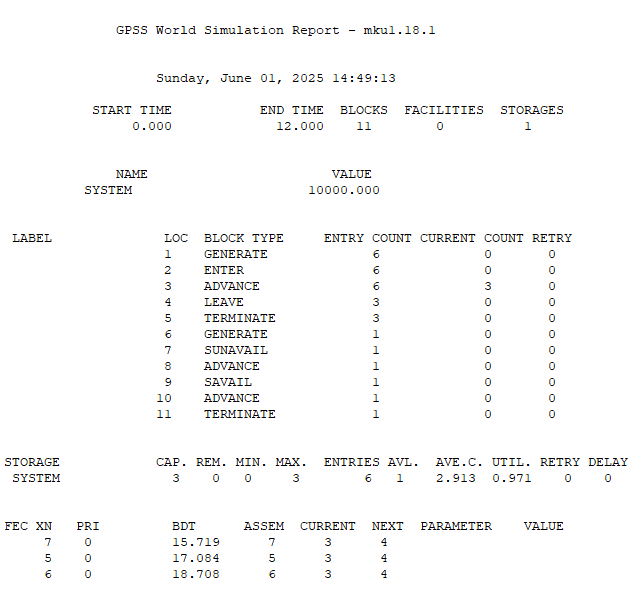
В результате моделирования с изменёнными параметрами обслуживания:

* Обслуживание стало **случайным** в диапазоне от 8 до 12, в отличие от фиксированного.
* Первые три ТА успешно вошли в system в момент запуска и начали обслуживание, которое завершалось в разные моменты времени, но в пределах [8;12].
* Остальные три ТА встали в очередь на вход. Однако:
* Пока устройство находилось в недоступном состоянии (t=5–11), **никто не мог войти**, даже если освобождались каналы.
* Таким образом, после восстановления доступности (t=11) оставшиеся ТА **начали входить и обслуживаться**, но завершить обслуживание **до t=12** (окончание моделирования) не успели.
* Новый ТА, сгенерированный в t=5, также **не смог войти** из-за недоступности устройства и попал в очередь.

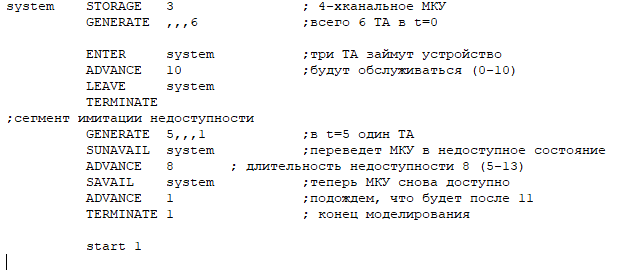
### **✅ Выводы:**

* Даже при **разбросе времени обслуживания** работа модели в целом сохраняет ту же логику: недоступность устройства **блокирует вход новых ТА**, но **не прерывает обслуживание уже находящихся внутри**.
* При этом **случайное время ADVANCE** создаёт **неравномерное освобождение каналов**, что может повлиять на длину очереди и время ожидания.
* Введённое недоступное состояние снова подтвердило, что:
* **не мешает завершению уже начатого обслуживания**;
* **блокирует вход новых ТА**, даже при наличии свободных каналов;
* не эквивалентно **отказу устройства** — для этого требуется более жёсткая модель (например, с прерыванием или отказом уже обслуживаемых ТА).

Если хочешь, могу построить график загрузки канала или очереди — или помочь расширить модель, чтобы симулировать отказ с прерыванием обслуживания.

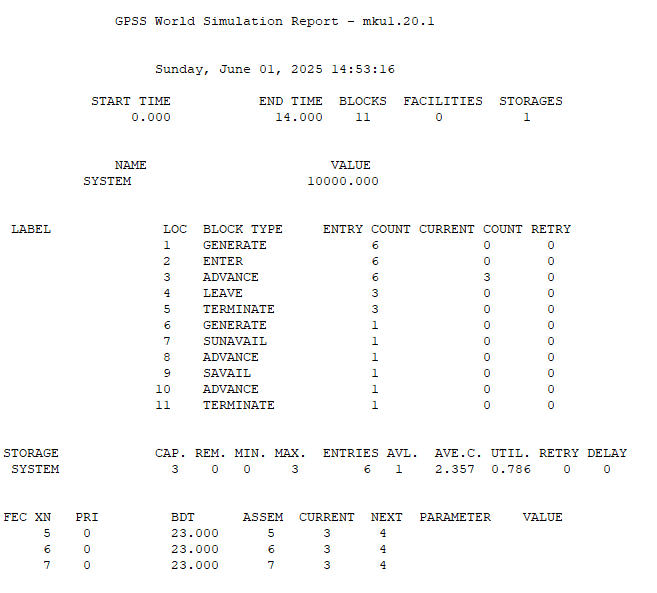


Изменим параметр недоступности на 8 (5-13)



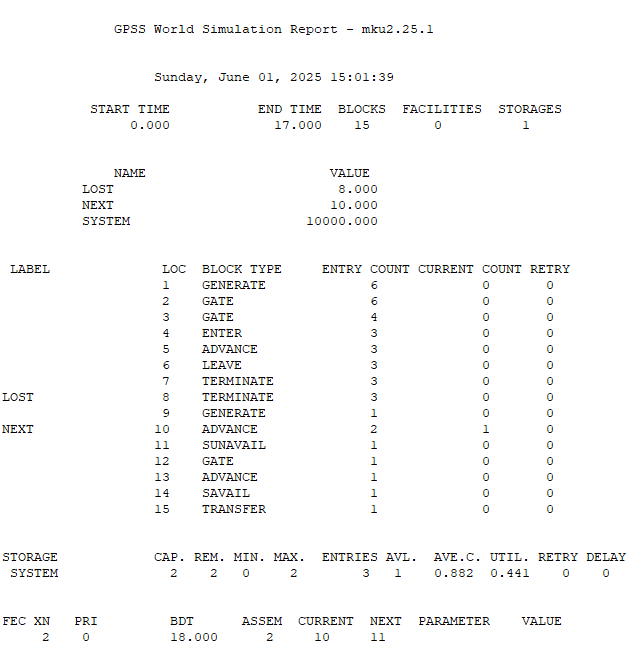
### **Анализ:**

* ТА, которые вошли в МКУ до t=5 (первые три), будут обслужены ровно за 10 единиц времени, то есть до t=10.
* Четвёртый ТА, сгенерированный в t=5, не сможет войти в МКУ из-за занятости всех трёх каналов и последующей недоступности МКУ с t=5 до t=13.
* В период недоступности (5–13) новые ТА не допускаются в МКУ.
* После восстановления доступности в t=13, ожидающий ТА сможет занять свободный канал и начать обслуживание.
* Время обслуживания фиксировано и не меняется, что упрощает прогнозирование завершения обслуживания ТА.
* Увеличение длительности недоступности задерживает вход новых ТА в систему, но не влияет на обслуживание тех, кто уже внутри.

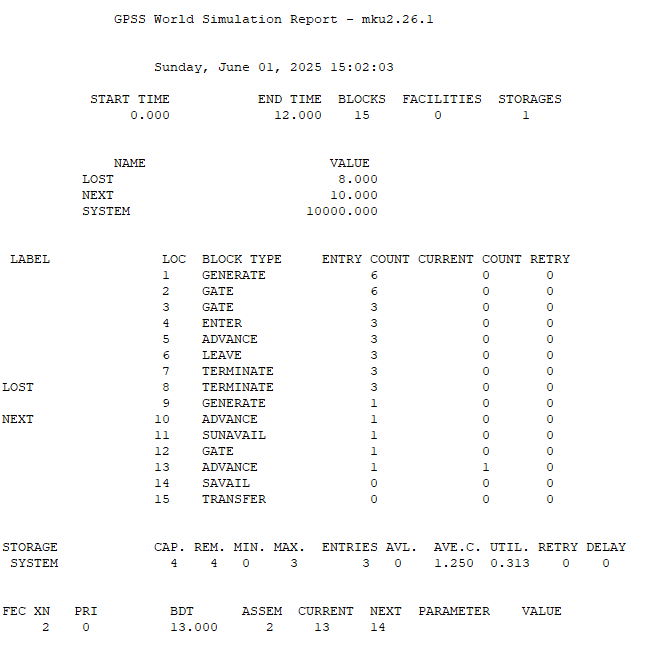
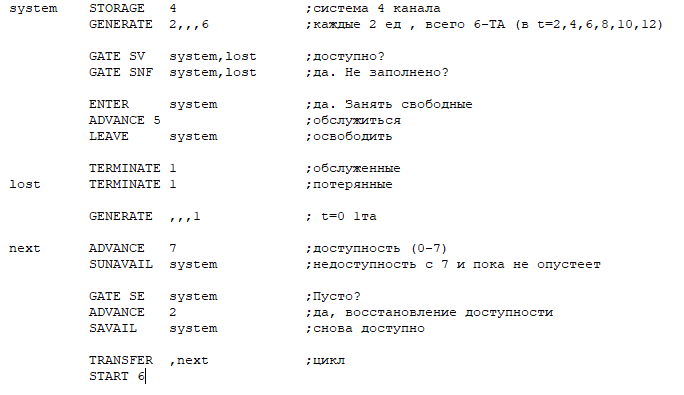


Проведем анализ поведения модели **mku2.gps** при аналогичном изменении параметров.

Исходная модель:



## **1. Изменение числа каналов: с 2 на 4**



### **Подробный анализ:**

* **Поведение**: Количество каналов — ключевой параметр, задающий максимальное количество ТА, которые система может одновременно обслуживать.
* При 2 каналах одновременное обслуживание ограничено двумя ТА — остальные стоят в очереди (если очередь есть) или теряются.
* Увеличение до 4 каналов позволяет обслуживать до 4 ТА параллельно.
* При одновременном поступлении 6 ТА с интервалом 2 единицы времени, 4 из них будут обслужены сразу, а остальные 2 попадут в очередь.
* Это снижает время ожидания в очереди, уменьшает вероятность потерь и повышает пропускную способность.
* Однако повышается нагрузка на систему, и возможно увеличение общего времени моделирования, если ТА идут быстрее, чем обслуживаются.

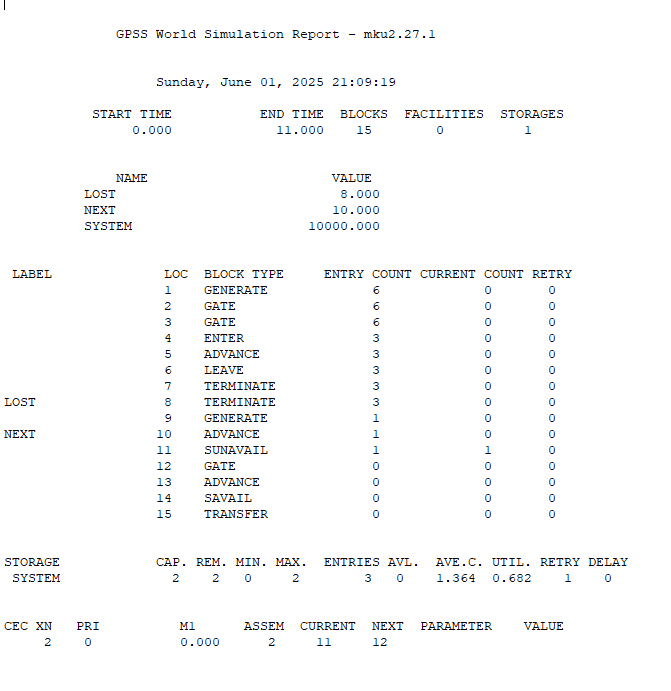
### **Ожидаемые изменения в отчёте:**

* **UTIL** (использование каналов) снизится, так как каналы более равномерно распределяют нагрузку.
* **AVE.C** (среднее число занятых каналов) возрастёт.
* **Задержки в очереди** уменьшатся.
* Вероятность потерь (TERMINATE в lost) снизится.

## **2. Изменение параметров генерации**

### **a) Уменьшение интервала генерации (более частое появление ТА)**

GENERATE 1,,,6 ; ТА приходят каждую 1 единицу времени

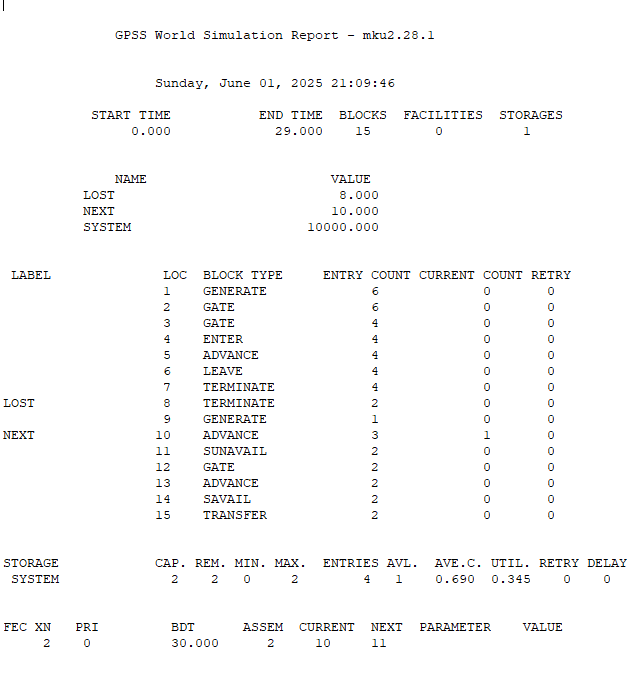


**Анализ:**

* Появление новых ТА с удвоенной частотой увеличивает нагрузку на систему.
* Каналы могут стать перегружены, очередь растёт, вероятность потерь возрастает.
* Если время обслуживания (5 ед.) не изменилось, накопление ТА в очереди растёт, система работает в режиме перегрузки.
* Отчёт покажет увеличение длины очереди (если очередь предусмотрена), рост количества потерянных ТА.
* UTIL близок к 1 — каналы постоянно заняты.

### **b) Увеличение интервала генерации (ТА появляются реже)**

GENERATE 4,,,6 ; ТА приходят каждые 4 единицы времени



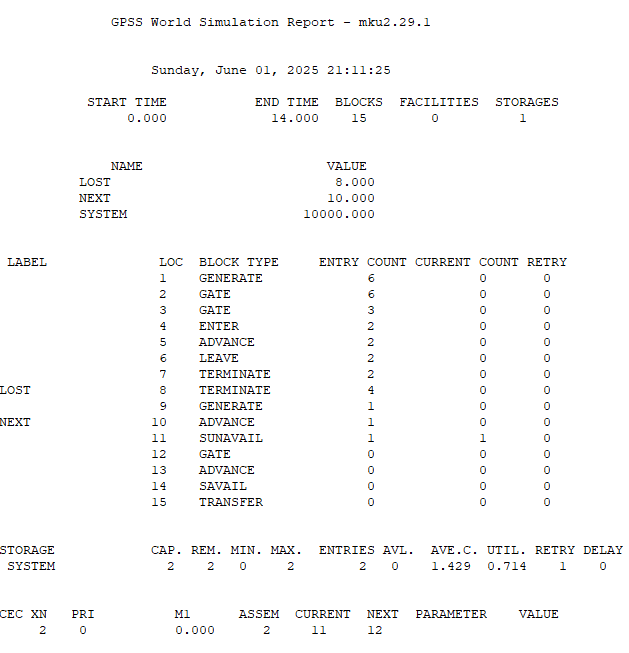
**Анализ:**

* Понижение нагрузки: каналы успевают обслужить ТА до появления новых.
* Очередей практически не будет.
* Снижается UTIL — каналы будут простаивать, снижая среднюю загрузку.
* Вероятность потерь стремится к нулю.
* Задержки в очереди минимальны.

## **3. Изменение времени обслуживания (ADVANCE)**

### **a) Увеличение времени обслуживания до 10**

ADVANCE 10 ; время обслуживания увеличено в 2 раза

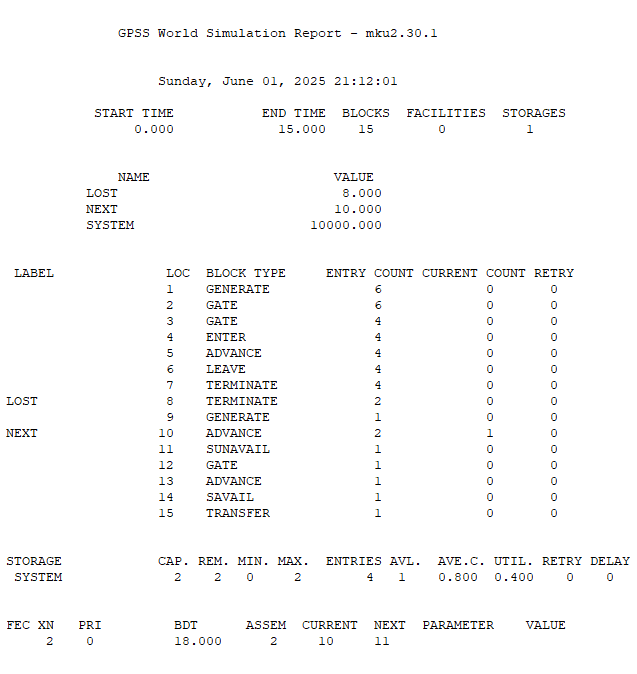


**Анализ:**

* Каналы заняты в два раза дольше, что снижает пропускную способность.
* При том же количестве каналов и частоте поступления ТА, увеличиваются задержки, растут очереди.
* Вероятность потерь из-за переполнения растёт.
* Среднее число занятых каналов (AVE.C) увеличится, UTIL может стать близким к 1.
* Время моделирования удлинится из-за увеличенного времени обработки.

### **b) Уменьшение времени обслуживания до 3**

ADVANCE 3 ; более быстрое обслуживание



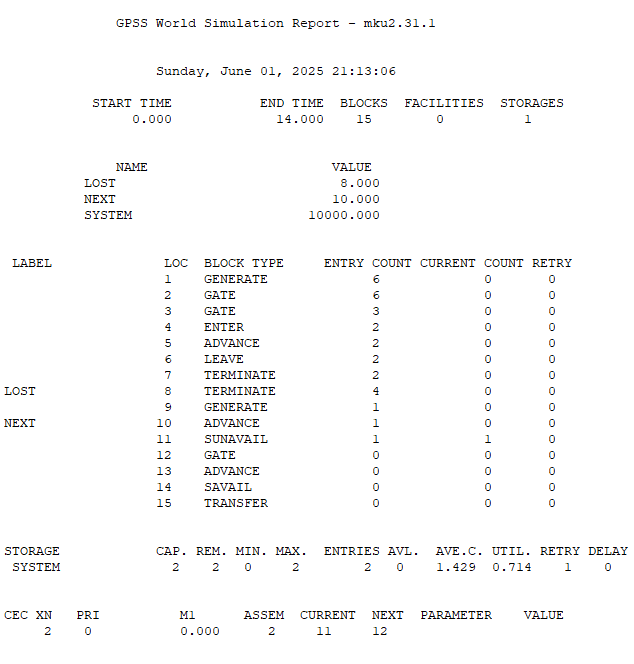
**Анализ:**

* Уменьшается время, необходимое для обслуживания каждого ТА.
* Каналы быстрее освобождаются, пропускная способность растёт.
* Очереди сокращаются, задержки уменьшаются.
* UTIL падает, что указывает на менее загруженную систему.
* Потери минимальны, если они были.

## **4. Изменение параметров недоступности (SUNAVAIL / SAVAIL)**

### **a) Увеличение времени недоступности до 5**

ADVANCE 5 ; недоступность длится 5 единиц времени вместо 2

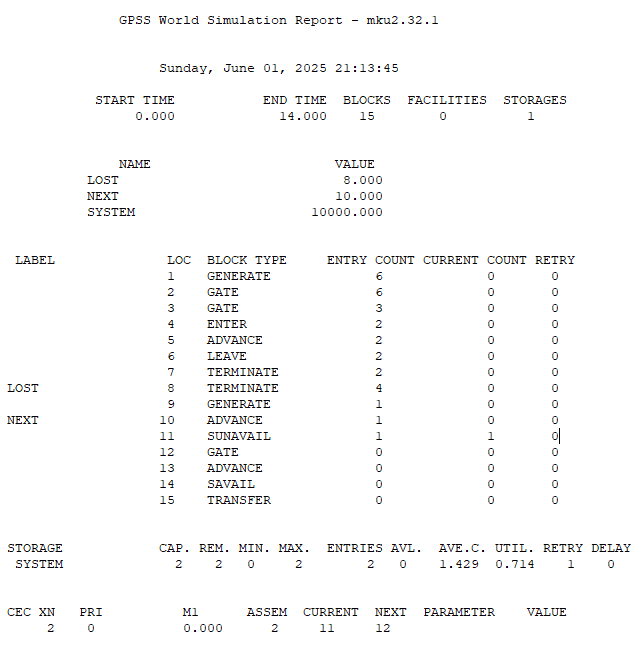


**Анализ:**

* Система простаивает дольше, не может обслуживать ТА.
* За это время ТА продолжают поступать и накапливаться в очереди (если она есть).
* Результат — рост задержек и увеличение количества потерянных ТА.
* После восстановления возможно резкое увеличение нагрузки.
* UTIL каналов резко падает в период недоступности, затем быстро возрастает.
* Среднее время моделирования увеличится из-за задержек.

### **b) Уменьшение времени недоступности до 1**

ADVANCE 1 ; недоступность длится 1 единицу времени



**Анализ:**

* Короткий период недоступности минимально влияет на работу.
* Задержки и потери минимальны.
* Система почти непрерывно обслуживает ТА.
* UTIL каналов стабильный, небольшие колебания.

**mku3.gps**

Разберем подробно предложенную модель распределения нагрузки между тремя обслуживающими системами в GPSS и выполним аналогичный анализ, как в предыдущих заданиях, с учетом различных параметров. Далее будет предложен анализ поведения модели при изменении:

1. Количества каналов в обслуживающих системах.
2. Параметров генерации транзактов.
3. Параметров обслуживания.
4. Порогов отказа.
5. Типа распределения обслуживания.

## **📌 Описание базовой модели**

Модель реализует **распределение нагрузки** между тремя системами (system1, system2, system3), каждая из которых имеет по 2 канала:

system1 STORAGE 2

system2 STORAGE 2

system3 STORAGE 2

Также определены логические переменные, указывающие, занята ли система (или перегружена по количеству обслуженных заявок):

prov1 BVARIABLE S$system1'OR'(SR$system1>400)

prov2 BVARIABLE S$system2'OR'(SR$system2>400)

prov3 BVARIABLE S$system3'OR'(SR$system3>400)

Входящий поток:

GENERATE (Exponential(1,0,2)) ; среднее межприбытие ~2

Транзакты направляются по очереди в system1 → system2 → system3, если предыдущая занята (проверяется через BV$provX). Если все три недоступны — транзакт уничтожается (lost).

## **🔍 Анализ по параметрам**

### **1. ✅ Изменение количества каналов**

#### **📌 Что меняем:**

-system1 STORAGE 2

+system1 STORAGE 3

-system2 STORAGE 2

+system2 STORAGE 1

-system3 STORAGE 2

+system3 STORAGE 4

#### **📊 Ожидаемый результат:**

* **system1** сможет обрабатывать больше ТА — она станет предпочтительнее;
* **system2** — чаще будет переполнена, часть нагрузки уйдет в system3;
* **system3** — разгрузится и примет больше "отказных" ТА;
* Общий процент отказов уменьшится, если system3 не перегружается.

#### **🧠 Вывод:**

Увеличение каналов в приоритетной системе повышает общую пропускную способность модели. Уменьшение — снижает приоритет и увеличивает нагрузку на последующие блоки.

### **2. 🔁 Изменение параметров генерации**

#### **📌 Что меняем:**

-GENERATE (Exponential(1,0,2))

+GENERATE (Exponential(1,0,1)) ; в 2 раза интенсивнее

#### **📊 Ожидаемый результат:**

* Очередь будет расти быстрее, нагрузка на все 3 системы возрастет.
* Вероятность попадания в lost возрастает — проверка BV$prov\_vse сработает чаще.
* Загрузки систем поднимутся ближе к 100%.

#### **🧠 Вывод:**

Интенсификация входного потока без увеличения ресурсов приводит к росту отказов, перегрузке и потере транзактов.

### **3. 🕐 Изменение времени обслуживания**

#### **📌 Что меняем:**

- ADVANCE 10,5 ; system1

+ ADVANCE 20,10

- ADVANCE 15,3 ; system2

+ ADVANCE 30,5

- ADVANCE (Exponential(1,0,20)) ; system3

+ ADVANCE (Exponential(1,0,40))

#### **📊 Ожидаемый результат:**

* Среднее время пребывания транзактов в системе увеличится.
* Каналы будут заняты дольше, следовательно, S$systemX чаще истинен.
* Увеличится вероятность, что ТА попадет в lost.

#### **🧠 Вывод:**

Увеличение времени обслуживания снижает пропускную способность и повышает риск потери транзактов. Стоит применять только при высокой ресурсоемкости операций.

### **4. ⚠️ Изменение порога отказа**

#### **📌 Что меняем:**

- prov1 BVARIABLE S$system1'OR'(SR$system1>400)

+ prov1 BVARIABLE S$system1'OR'(SR$system1>100)

#### **📊 Ожидаемый результат:**

* После 100 обслуженных заявок система считается "недоступной" — нагрузка перераспределяется.
* Быстрее происходит переход на system2 и system3.
* Это может снизить производительность, но симулирует ресурсное ограничение.

#### **🧠 Вывод:**

Использование SR$systemX позволяет учитывать "усталость" ресурса. При снижении лимитов — система быстрее отклоняет заявки.

### **5. 🎲 Замена распределения обслуживания**

#### **📌 Что меняем:**

- ADVANCE 10,5

+ ADVANCE (Normal(10,2))

или

- ADVANCE (Exponential(1,0,20))

+ ADVANCE (Weibull(1.5,10))

#### **📊 Ожидаемый результат:**

* Поведение системы станет более вариативным.
* Могут появляться как короткие, так и долгие задержки, моделируя нестабильную работу.
* Может увеличить или уменьшить задержку и загрузку систем.

#### **🧠 Вывод:**

Выбор распределения критичен при моделировании реальных сценариев. Экспоненциальное — для случайных, Нормальное — для стабильных процессов.

**mku4.gps**

Давайте выполним **подробный анализ модели**, представленной ниже, при **пошаговом изменении параметров**, включая комментарии, прогнозируемые эффекты и **фрагменты изменённого кода**.

## **🧾 Исходная модель (основа)**

system STORAGE 2 ; система с 2 каналами

GENERATE 2,,,6 ; каждые 2 времени, всего 6 транзактов

GATE LS switch,lost ; включен ключ? (доступность)

GATE SNF system,lost ; не заполнена?

ENTER system ; занять канал

ADVANCE 5 ; обслуживание

LEAVE system ; освободить

TERMINATE 1 ; успешно обслуженные

lost TERMINATE 1 ; потерянные ТА

; модель доступности системы

GENERATE ,,,1

LOGIC S switch ; включить доступность

next ADVANCE 7

LOGIC R switch ; выключить

GATE SE system ; ждать, пока опустеет

ADVANCE 2 ; восстанавливаем доступность

LOGIC S switch

TRANSFER ,next ; повтор цикла

START 6

## **🔍 Анализ по параметрам**

### **1. ✅ Изменение количества каналов**

#### **🔧 Изменения:**

-system STORAGE 2

+system STORAGE 3

#### **🔍 Эффект:**

* Система сможет одновременно обслуживать 3 запроса вместо 2.
* Это снизит вероятность, что транзакты будут теряться по причине заполненности (GATE SNF).
* В условиях малой генерации (всего 6 ТА) почти все будут успешно обслужены.

#### **🧠 Вывод:**

Увеличение числа каналов уменьшает отказы и увеличивает пропускную способность, особенно при интенсивной подаче.

### **2. 🔁 Изменение параметров генерации**

#### **🔧 Изменения:**

-GENERATE 2,,,6

+GENERATE 1,,,10

#### **🔍 Эффект:**

* Генерация ТА ускорится в 2 раза.
* В момент, когда система недоступна (ключ выключен), скапливаются заявки.
* При 2 каналах возможно увеличение количества lost.

#### **🧠 Вывод:**

При высокой частоте генерации и наличии периода недоступности система начинает "терять" заявки, особенно если не хватает каналов.

### **3. 🕐 Изменение времени обслуживания**

#### **🔧 Изменения:**

-ADVANCE 5

+ADVANCE 10

#### **🔍 Эффект:**

* Каждая заявка будет занимать канал дольше.
* При прежнем интервале генерации и двух каналах повысится загруженность, что приведет к отказам (по GATE SNF).
* lost возрастут.

#### **🧠 Вывод:**

Увеличение времени обслуживания без роста числа каналов негативно сказывается на обслуживании потока.

### **4. 🔌 Изменение цикла доступности/недоступности**

#### **🔧 Изменения:**

-next ADVANCE 7

+next ADVANCE 3

-ADVANCE 2

+ADVANCE 4

#### **🔍 Эффект:**

* Система будет чаще становиться недоступной (ADVANCE 3 вместо 7) и дольше оставаться недоступной (ADVANCE 4 вместо 2).
* Транзакты будут чаще теряться из-за GATE LS.

#### **🧠 Вывод:**

Увеличение частоты отказов и продолжительности недоступности модели напрямую снижает вероятность успешного обслуживания.

### **5. 🛑 Изменение условий потери (отложенный отказ)**

Допустим, вы хотите не сразу терять ТА, если система недоступна, а попробовать подождать 1 единицу времени.

#### **🔧 Изменения:**

GATE LS switch,lost ; было

Заменяем на:

TEST E BV$switch,1,wait ; если доступно → wait

TRANSFER ,lost ; иначе — lost

wait ADVANCE 1

GATE SNF system,lost

ENTER system

#### **🔍 Эффект:**

* Транзакты теперь будут «ждать» восстановления доступности (хотя бы короткое время).
* Повышается шанс, что заявки не будут потеряны зря.
* Модель становится более «реалистичной» — не всегда отказ сразу.

#### **🧠 Вывод:**

Добавление буфера ожидания позволяет сократить потери транзактов при кратковременной недоступности системы.

**mku5.gps**

Вот **подробный анализ** данной модели **многоканальной СМО конечной надежности**, включая разбор логики и **влияние параметров на поведение системы**. Для каждого изменения приведены **фрагменты изменённого кода** и интерпретации.

## **📌 Краткое описание модели**

* **Система (СМО)**: Sist STORAGE 7 — 7 обслуживающих каналов.
* **Обслуживание**: Заявки занимают Zap=2 каналов.
* **Общее количество заявок**: GENERATE 2,,,7 — генерируются 7 заявок с шагом 2.
* **Надёжность**: После каждых 7.5 времени — отказ, в это время транзакты из МКУ удаляются.
* **Восстановление**: Как только МКУ пуста, она восстанавливается.
* **Учёт**: Ведётся учёт заявок, занявших/покинувших МКУ, с помощью массивов Xn, Pn.

## **🔍 Подробный анализ параметров и логики**

### **1. ✅ Количество каналов (Sist STORAGE)**

-Sist STORAGE 7

+Sist STORAGE 9 ; например

#### **🔍 Эффект:**

* Повышается пропускная способность: одновременно может находиться больше заявок.
* Порог входа ((7 - S$Sist) >= Zap) будет реже возвращать false.
* Вероятность отказа (ветка Met1) снижается.

#### **🧠 Вывод:**

Увеличение числа каналов улучшает доступность системы, особенно если Zap остаётся неизменным.

### **2. ➗ Размер захвата (Zap)**

-Zap EQU 2

+Zap EQU 3

#### **🔍 Эффект:**

* Каждая заявка занимает больше ресурсов.
* При фиксированном Sist=7 одновременно может обслуживаться меньше заявок: INT(7/3) = 2 вместо INT(7/2) = 3.
* Kont1 чаще становится false → больше заявок уходят через Met1.

#### **🧠 Вывод:**

Увеличение Zap (захват на заявку) снижает пропускную способность и надёжность, при прочих равных.

### **3. 🔁 Частота генерации заявок**

-GENERATE 2,,,7

+GENERATE 1,,,10

#### **🔍 Эффект:**

* Повышается нагрузка: больше заявок за короткий период.
* МКУ будет заполнена быстрее, и заявки чаще будут направляться в Met1.

#### **🧠 Вывод:**

При увеличении скорости подачи заявок важно либо расширять Sist, либо снижать Zap.

### **4. 🧯 Интервал отказов (ADVANCE 7.5)**

-ADVANCE 7.5

+ADVANCE 5

#### **🔍 Эффект:**

* Отказы происходят чаще.
* Неуспешное обслуживание и DISPLACE становятся частыми.
* Больше заявок будет удаляться, даже если они уже заняли Sist.

#### **🧠 Вывод:**

Чем чаще отказы — тем выше риск потерь уже занятых ресурсов.

### **5. 🕓 Время обслуживания**

-ADVANCE 5 ; обслуживание

+ADVANCE 10

#### **🔍 Эффект:**

* Заявки дольше занимают ресурсы.
* Вероятность, что отказ произойдёт **во время обслуживания** возрастает.
* Следовательно, больше заявок попадут в Met3 → будут удалены через DISPLACE.

### **6. 🧹 Удаление заявок при отказах**

Фрагмент:

DISPLACE X\*KolPovt,Met3

...

Met3 LEAVE Sist,2

TERMINATE 1

#### **📌 Логика:**

* DISPLACE принудительно удаляет заявки.
* LEAVE освобождает занятые каналы.
* TERMINATE — учитывает удалённые.

#### **🧠 Возможное улучшение:**

Можно не удалять заявки, если обслуживание почти завершено — добавить проверку времени или состояния (например, через параметр времени входа).

**mku6.gps**

Хорошо. Ниже представлен подробный **текстовый анализ работоспособности GPSS-модели** при изменении входных параметров: количества каналов, параметров генерации, обслуживания и отказов. Также описано поведение транзактов и функционирование много-канального устройства (МКУ). Все изменения в коде указываются отдельно по каждому пункту.

### **1. Изменение числа каналов (Emk) и количества каналов, занимаемых одним транзактом (Zap)**

#### **Анализ:**

При увеличении значения Emk (например, с 7 до 10) — модель становится более устойчивой: транзакты реже ставятся в очередь, чаще обслуживаются сразу, уменьшается количество потерянных заявок. Это связано с тем, что больше каналов доступно для одновременного обслуживания.

Если уменьшить Emk (например, до 4), возникает дефицит каналов: транзакты чаще ставятся в очередь (LINK Nakop, LIFO) и чаще теряются, если очередь заполнена (TERMINATE в Met1).

Если изменить Zap — например, увеличить с 2 до 3 — это приводит к тому, что каждый транзакт занимает больше каналов, а значит одновременно может обслуживаться меньше заявок. Это тоже увеличивает вероятность постановки в очередь или отказа в обслуживании.

#### **Изменения в коде:**

Emk EQU 10 ; (было 7)

Zap EQU 2 ; можно также протестировать Zap EQU 3

### **2. Изменение параметров генерации заявок**

#### **Анализ:**

Параметры генерации задаются в блоке:

GENERATE 2,,,7

Параметры означают: интервал между поступлениями, вариация, задержка начала и длительность генерации.

Если уменьшить первый параметр, например GENERATE 1,,,7, то заявки поступают чаще. Это увеличивает нагрузку на систему, быстрее заполняется очередь, увеличивается число отказов.

Если увеличить интервал до GENERATE 4,,,7, нагрузка снижается, МКУ успевает обрабатывать заявки, очередь меньше, потери сокращаются.

#### **Изменения в коде:**

GENERATE 1,,,7 ; для увеличения нагрузки

или

GENERATE 4,,,7 ; для уменьшения нагрузки

### **3. Изменение времени обслуживания**

#### **Анализ:**

Время обслуживания задается блоком:

ADVANCE 7

Если увеличить, например до ADVANCE 10, транзакты дольше остаются в МКУ, из-за чего новые заявки чаще сталкиваются с занятым устройством. Это приводит к росту очереди и потерь.

Если сократить, например до ADVANCE 4, транзакты быстрее освобождают каналы, что уменьшает нагрузку и ускоряет обработку заявок.

#### **Изменения в коде:**

ADVANCE 10 ; более высокая нагрузка на МКУ

или

ADVANCE 4 ; более лёгкий режим

### **4. Изменение частоты отказов МКУ**

#### **Анализ:**

Отказы моделируются в этом фрагменте:

GENERATE ,,,1

Met20 ADVANCE 9.5 ; Имитация времени между отказами

Если значение ADVANCE уменьшить до, например, ADVANCE 5, отказы будут происходить чаще. Это приведет к частым переходам МКУ в недоступное состояние через SUNAVAIL Smo, что вызывает принудительное удаление транзактов из обслуживания (DISPLACE), рост очереди и снижение производительности.

Если увеличить интервал до ADVANCE 15, отказы будут происходить реже, работа станет более стабильной.

#### **Изменения в коде:**

Met20 ADVANCE 5 ; чаще происходят отказы

или

Met20 ADVANCE 15 ; отказы случаются реже

### **5. Поведение транзактов (ТА) в модели**

При поступлении транзакты проходят через блок проверки очереди:

TEST E BV$Kont1,1,Met1

Если место в очереди есть — заявка поступает в цикл сохранения номера (SAVEVALUE P$Dlina,XN1) и идет дальше. Если нет — заявка теряется (Met1 TERMINATE).

Если в МКУ недостаточно свободных каналов, транзакт переходит в очередь через:

LINK Nakop,LIFO

Когда МКУ освобождается, транзакты переходят из очереди в обслуживание через:

UNLINK Nakop,Met3,1

В процессе обслуживания транзакты используют ENTER Smo,Zap, обслуживаются через ADVANCE, а затем освобождают каналы командой LEAVE Smo,Zap.

Таким образом, транзакты либо успешно обслуживаются (завершаются в Met18), либо теряются (Met1), либо временно накапливаются в очереди и обслуживаются позже.

### **6. Работа МКУ (Smo)**

В нормальном режиме МКУ доступно для входа, если:

* оно не в недоступности (SV$Smo = 1)
* количество оставшихся каналов больше или равно Zap (R$Smo > Zap)

Если устройство недоступно (SUNAVAIL), текущие транзакты удаляются через DISPLACE, и начинается процедура ремонта. После восстановления (SAVAIL), оставшиеся транзакты продолжают обслуживание.

Список задействованных транзактов в обслуживании отслеживается через массив переменных и индексы. Это позволяет контролировать, кто вошел и кто вышел из МКУ, а также позволяет восстанавливать работу после сбоев.

### **7. Итоги и выводы**

Модель демонстрирует гибкость при настройке параметров. Основные закономерности следующие:

* При **большом числе каналов (Emk) и низком Zap** — система работает стабильно, потери малы.
* При **высокой частоте генерации или длительном обслуживании** — возрастает нагрузка, что ведет к очередям и потерям.
* **Отказы МКУ** существенно влияют на стабильность: чем чаще они происходят, тем ниже общая эффективность.
* **Очередь** сглаживает последствия перегрузки, но при слишком короткой длине (Dlina) часто теряются заявки.

Таким образом, при подборе параметров следует искать баланс между загрузкой и пропускной способностью. Использование коэффициента KIsp (в конце модели) позволяет оценивать степень использования МКУ: при KIsp ≈ 1 устройство используется максимально эффективно.

Хочешь — могу также описать, как рассчитать коэффициент использования, среднее время в системе или потери по результатам моделирования.