

ОСНОВНЫЕ ЗАДАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНЫМ РАБОТАМ В СИСТЕМЕ GPSS

1. Задание для освоения темы: Построение имитационных моделей и сравнительный анализ характеристик одноканальной системы обслуживания заявок с заданными приоритетами.

Задача 1. Для одноканального устройства (ОКУ, пусть это процессор) при поступлении на вход одного потока заявок (**транзактов** – в терминологии GPSS) коэффициент загрузки определяется как отношение среднего времени обслуживания к среднему времени поступления входного потока заявок $T_{обсл}/T_{вх}$.

Пример программы:

```
Simulate
Generate 150,50
QUEUE OCH1 ...
Seize OKU1
DEPART OCH1
ADVANCE 130,30
Release OKU1
Terminate
Generate 10000; время моделирования
Terminate 1
Start 1
```

Примечание : ожидаемый коэф. загрузки OKU1 равен: $130/150=0.87$

Однако, если на ОКУ поступает **два потока с равными интенсивностями (равные $T_{вх}$) и с одинаковым временем обслуживания $T_{обсл}$** , то коэфф. загрузки получается из отношения $(2 \cdot T_{обсл})/T_{вх}$, и очевидно, что при **трёх** потоках на входе ОКУ получаем формулу $3 \cdot T_{обсл}/T_{вх}$.

Пункты задания к самостоятельному выполнению темы 1.

Стройте схемы вариантов моделируемых СМО.

1. Приведённую выше программу запустить и проверить подтверждение ожидаемых результатов. Ваш вывод...
2. Провести с программой 3 серии экспериментов (для поиска времени

моделирования, обеспечивающего стационарный режим работы модели – с точки зрения получения близких к ожидаемым статистическим значениям характеристик СМО), изменяя время моделирования: 100,200,300,... 1000, а затем с шагом 1000 от 1000 до 10000, а затем от 10000 с шагом 10000 до 100000. Сравните результаты моделирования...(Для удобства сравнительного анализа результатов – свести в таблицы). Ваш вывод...- какой вариант (варианты) задания времени обслуживания обеспечивает ожидаемый результат коэффициента загрузки и других характеристик.

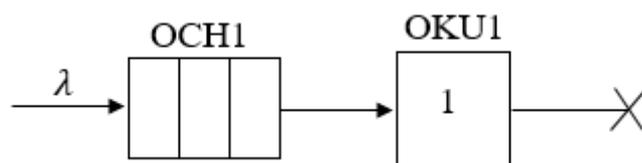
3. Построить схему и свою программу для ОКУ с тремя потоками на входе, имеющими равные интенсивности входа и соответственно одинаковые интенсивности обслуживания, задавая исходные данные, обеспечивающие коэф. загрузки 0.9. Результаты – ожидаем характеристики обслуживания для всех трёх потоков одинаковы!? Ваши комментарии...

4. Подправить программу п.3 для обслуживания трёх потоков, отличающихся наличием относительных приоритетов, например – для первого потока – приоритет равен 0 (эквивалентно отсутствию приоритета), для второго – равен 1, для третьего – равен 5. Ваши комментарии – по результатам. (пункт 4.1: Можете поменять приоритеты, задав, например, соответственно: 0, 10, 25). Сравните с результатами п.4. Ваши выводы...

5. Разработать программу для обслуживания четырёх потоков, отличающихся наличием относительных приоритетов, например – для первого потока – приоритет равен 0, для второго – приоритет 1, для третьего – приоритет 5, **для четвёртого – абсолютный приоритет**. Ваши комментарии – сравнительный анализ результатов обслуживания четырёх потоков одной одноканальной СМО.

Ход работы:

1. Схема исходной СМО:



Файл REPORT:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	10000.000	9	1	0

NAME	VALUE
OCH1	10000.000
OKU1	10001.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
1	GENERATE	65	0	0	
2	QUEUE	65	0	0	
3	SEIZE	65	0	0	
4	DEPART	65	0	0	
5	ADVANCE	65	1	0	
6	RELEASE	64	0	0	
7	TERMINATE	64	0	0	
8	GENERATE	1	0	0	
9	TERMINATE	1	0	0	

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OKU1	65	0.837	128.774	1	66	0	0	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY	
OCH1	1	0	65	42	0.073	11.305	31.950	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
66	0	10063.903	66	5	6		
67	0	10096.532	67	0	1		
68	0	20000.000	68	0	8		

Как видим, коэффициент загрузки прибора обслуживания OKU1 немного отличается от ожидаемого и составляет 0,837. Это отличие можно обосновать тем, что при моделировании используются случайные величины, поэтому полученные результаты и отличаются от теоретических: например, среднее время обслуживания составляет не 130, а 128,774 ед. времени.

2. Проведем с программой 3 серии экспериментов.

2.1. Изменяем время моделирования: 100,200,300,... 1000.

Результаты моделирования представим в виде таблицы:

T	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
UTIL.	0	0,079	0,386	0,477	0,582	0,643	0,694	0,639	0,679	0,666
AVE.TIME	0	15,763	115,763	95,426	96,950	96,392	121,392	102,273	122,273	110,943

2.2. Изменяем время моделирования: 1000,2000,3000,... 10000.

Результаты моделирования представим в виде таблицы:

T	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
UTIL.	0,666	0,788	0,818	0,842	0,829	0,846	0,840	0,821	0,828	0,837
AVE.TIME	110,943	121,255	129,160	129,462	125,639	126,919	127,751	128,822	128,471	128,774

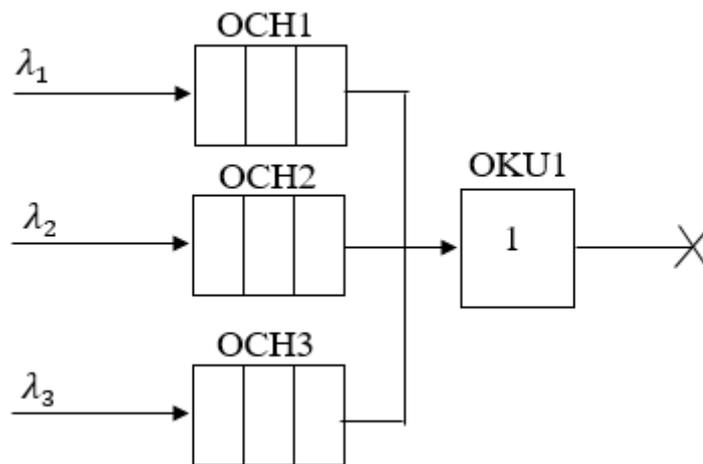
2.3. Изменяем время моделирования: 10000,20000,30000,... 100000.

Результаты моделирования представим в виде таблицы:

T	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000
UTIL.	0,837	0,855	0,857	0,869	0,859	0,861	0,864	0,864	0,866	0,868
AVE.TIME	128,774	129,519	129,783	130,113	129,424	129,470	129,487	129,370	129,667	129,948

Как видим по собранной статистике, только примерно к $T=20000$ результаты имитационного моделирования почти вплотную приближаются к ожидаемым результатам – к этому моменту через систему прошло достаточно много транзактов. С дальнейшим увеличением времени моделирования загрузка прибора и среднее время обработки заявок в нем изменяются незначительно в сторону увеличения, и ко времени $T=100000$ практически сравниваются с ожидаемыми значениями.

3. Схема ОКУ с тремя потоками на входе:



Программа:

```

SIMULATE
GENERATE (Exponential (1,0,10)) ;1-й поток
ASSIGN 1,1 ;номер потока в 1-ом параметре
TRANSFER ,obsl ;переход на метку с обслуживанием
GENERATE (Exponential (2,0,10)) ;2-й поток
ASSIGN 1,2 ;номер потока в 1-ом параметре
TRANSFER ,obsl ;переход на метку с обслуживанием
GENERATE (Exponential (3,0,10)) ;3-й поток
ASSIGN 1,3 ;номер потока в 3-ем параметре
obsl
QUEUE P1 ;стали в очередь
SEIZE OKU1 ;заняли прибор
DEPART P1 ;ушли из очереди
ADVANCE (Exponential (4,0,3)) ;обслуживание
RELEASE OKU1 ;закончили обслуживание
TERMINATE ;ушли из системы
GENERATE 100000 ;время моделирования
TERMINATE 1
START 1

```

Файл REPORT:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	100000.000	16	1	0

NAME	VALUE
OBSL	9.000
OKU1	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK	TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
-------	-----	-------	------	-------------	---------------	-------

	1	GENERATE	9879	0	0
	2	ASSIGN	9879	0	0
	3	TRANSFER	9879	0	0
	4	GENERATE	9883	0	0
	5	ASSIGN	9883	0	0
	6	TRANSFER	9883	0	0
	7	GENERATE	9896	0	0
	8	ASSIGN	9896	0	0
OBSL	9	QUEUE	29658	27	0
	10	SEIZE	29631	0	0
	11	DEPART	29631	0	0
	12	ADVANCE	29631	1	0
	13	RELEASE	29630	0	0
	14	TERMINATE	29630	0	0
	15	GENERATE	1	0	0
	16	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OKU1	29631	0.896	3.022	1	29633	0	0	0	27

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
1	35	10	9879	1000	3.157	31.952	35.551	0
2	38	8	9883	1015	3.252	32.903	36.669	0
3	35	9	9896	1007	3.151	31.838	35.445	0

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
29662	0		100002.929	29662	0	1		
29633	0		100004.800	29633	12	13	1	3.000
29658	0		100011.203	29658	0	7		
29661	0		100026.469	29661	0	4		
29663	0		200000.000	29663	0	15		

Как видим, при равных интенсивностях поступления заявок и обслуживания, параметры ожидания обслуживания у всех потоков примерно одинаковы – средняя длина очереди немногим выше 3 транзактов в очереди, а среднее время ожидания – немного превышает 30 единиц времени.

4. Вносим относительные приоритеты в модель

Программа:

```

SIMULATE
GENERATE (Exponential (1,0,10)) ;1-й поток без приоритета
ASSIGN 1,1 ;номер потока в 1-ом параметре
TRANSFER ,obsl ;переход на метку с обслуживанием
GENERATE (Exponential (2,0,10)),,5 ;2-й поток с небольшим приоритетом

```

```

ASSIGN 1,2 ;номер потока в 1-ом параметре
TRANSFER ,obsl ;переход на метку с обслуживанием
GENERATE (Exponential (3,0,10)),,,,10 ;3-й поток с наивысшим приоритетом
ASSIGN 1,3 ;номер потока в 3-ем параметре
obsl QUEUE P1 ;стали в очередь
SEIZE OKU1 ;заняли прибор
DEPART P1 ;ушли из очереди
ADVANCE (Exponential (4,0,3)) ;обслуживание
RELEASE OKU1 ;закончили обслуживание
TERMINATE ;ушли из системы
GENERATE 100000 ;время моделирования
TERMINATE 1
START 1

```

Файл REPORT:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	100000.000	16	1	0

NAME	VALUE
OBSL	9.000
OKU1	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	9879	0	0
	2	ASSIGN	9879	0	0
	3	TRANSFER	9879	0	0
	4	GENERATE	9883	0	0
	5	ASSIGN	9883	0	0
	6	TRANSFER	9883	0	0
	7	GENERATE	9896	0	0
	8	ASSIGN	9896	0	0
OBSL	9	QUEUE	29658	27	0
	10	SEIZE	29631	0	0
	11	DEPART	29631	0	0
	12	ADVANCE	29631	1	0
	13	RELEASE	29630	0	0
	14	TERMINATE	29630	0	0
	15	GENERATE	1	0	0
	16	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OKU1	29631	0.896	3.022	1	29660	0	0	0	27

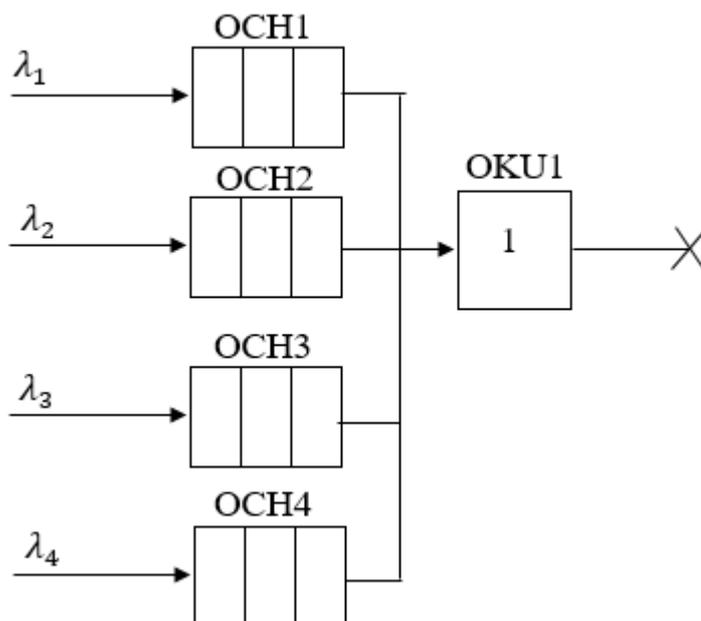
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
-------	-----------	-------	----------	-----------	----------	----------	-------

1	96	27	9879	1000	8.231	83.320	92.703	0
2	21	0	9883	1015	0.939	9.496	10.583	0
3	8	0	9896	1007	0.389	3.935	4.381	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
29662	0	100002.929	29662	0	1		
29660	5	100004.800	29660	12	13	1	2.000
29658	10	100011.203	29658	0	7		
29661	5	100026.469	29661	0	4		
29663	0	200000.000	29663	0	15		

Добавление в модель относительных приоритетов кардинально изменило статистику ожидания заявок: поток с наивысшим приоритетом имеет наименьшую среднюю очередь ожидания, что позволяет заявкам этого потока ожидать начала обслуживания в среднем всего 3,935 ед. времени, а заявки потока, имеющего средний приоритет в обслуживании, проводят в очереди примерно втрое времени больше. Что касается заявок потока без приоритета, то его показатели очереди ожидания значительно ухудшились в сравнении с моделью без приоритетов – средняя длина очереди ожидания этих заявок теперь превышает восемь заявок, а среднее время ожидания – более восьмидесяти единиц времени.

5. Схема ОКУ с четырьмя потоками на входе:



Программа:

```
SIMULATE
GENERATE (Exponential (1,0,13)) ;1-й поток без приоритета
```

```

ASSIGN 1,1 ;номер потока в 1-ом параметре
TRANSFER ,obsl ;переход на метку с обслуживанием
GENERATE (Exponential (2,0,13)),,,,5 ;2-й поток с небольшим приоритетом
ASSIGN 1,2 ;номер потока в 1-ом параметре
TRANSFER ,obsl ;переход на метку с обслуживанием
GENERATE (Exponential (3,0,13)),,,,10 ;3-й поток с большим приоритетом
ASSIGN 1,3 ;номер потока в 3-ем параметре
obsl QUEUE P1 ;стали в очередь
SEIZE OKU1 ;заняли прибор
DEPART P1 ;ушли из очереди
ADVANCE (Exponential (5,0,3)) ;обслуживание
RELEASE OKU1 ;закончили обслуживание
TERMINATE ;ушли из системы
GENERATE (Exponential (4,0,13)),,,,20 ;4-й поток с наивысшим приоритетом
QUEUE 4 ;увеличиваем длину очереди
PREEMPT OKU1,PR,obsl,,RE ;занимаем прибор, прерванная заявка
возвращается заново на обслуживание
DEPART 4 ;уменьшаем длину очереди
ADVANCE (Exponential (5,0,3)) ;обслуживание
RETURN OKU1;закончили обслуживание
TERMINATE
GENERATE 100000 ;время моделирования
TERMINATE 1
START 1

```

Файл REPORT:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	100000.000	23	1	0

NAME	VALUE
OBSL	9.000
OKU1	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	7658	0	0
	2	ASSIGN	7658	0	0
	3	TRANSFER	7658	0	0
	4	GENERATE	7599	0	0
	5	ASSIGN	7599	0	0
	6	TRANSFER	7599	0	0
	7	GENERATE	7601	0	0
	8	ASSIGN	7601	0	0
OBSL	9	QUEUE	28025	6	0

10	SEIZE	28019	0	0
11	DEPART	28019	0	0
12	ADVANCE	28019	1	0
13	RELEASE	22851	0	0
14	TERMINATE	22851	0	0
15	GENERATE	7536	0	0
16	QUEUE	7536	0	0
17	PREEMPT	7536	0	0
18	DEPART	7536	0	0
19	ADVANCE	7536	0	0
20	RETURN	7536	0	0
21	TERMINATE	7536	0	0
22	GENERATE	1	0	0
23	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OKU1	35555	0.906	2.549	1	30383	0	0	0	6

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
1	72	5	9337	691	8.550	91.576	98.895	0
2	15	1	9365	720	1.176	12.558	13.603	0
3	9	0	9323	710	0.461	4.949	5.357	0
4	5	0	7536	5813	0.061	0.813	3.557	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
30397	20	100003.413	30397	0	15		
30398	5	100004.699	30398	0	4		
30383	10	100005.477	30383	12	13	1	3.000
30396	10	100013.012	30396	0	7		
30399	0	100029.933	30399	0	1		
30400	0	200000.000	30400	0	22		

Как видим, наличие абсолютного приоритета позволяет заявкам соответствующего потока обслуживаться практически без ожидания: средняя очередь ожидания заявок этого типа составляет 0,061 и появляется она только тогда, когда в момент появления заявки этого потока прибор обслуживания занят предыдущей заявкой этого же потока.

Для остальных потоков заявок с уменьшением уровня их приоритета происходит увеличение длины очереди ожидания и времени ожидания начала обслуживания. И если для двух более приоритетных потоков эти характеристики

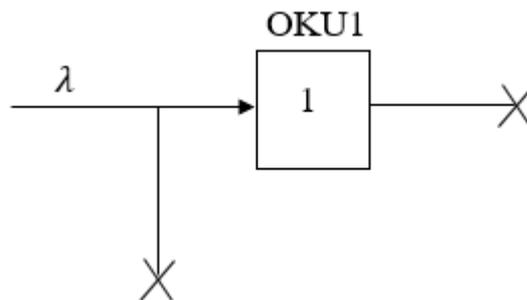
достаточно невелики, то заявки потока без приоритета ожидают обслуживания более девяноста единиц времени.

2. Задание для освоения темы: Построение имитационных моделей для схем с ограничением обслуживания потока заявок (применение блоков GATE, TEST)

Построить и исследовать работу 4 типов схем: 2 варианта для одноканальных схем – без очереди (с отказом) и с ограничением длины очереди, и 2 варианта для многоканальных схем без очереди (с отказом) и с ограничением длины очереди. Исходные значения формирования потока заявок и их обслуживания задавать самостоятельно, обосновав выбор этих значений для наглядной иллюстрации работы схем таких СМО.

1. Одноканальная СМО без очереди

Схема СМО:



Программа:

```
SIMULATE
GENERATE (Exponential (1,0,10)) ;поступление заявок
GATE NU OKU1,otkaz ;проверка на доступность прибора
SEIZE OKU1 ;занимаем прибор
ADVANCE (Exponential (2,0,5)) ;обслуживание
RELEASE OKU1 ;завершение обслуживания
TERMINATE ;уходим после обслуживания
otkaz  TERMINATE ;уходим после отказа
GENERATE 100000 ;время моделирования
TERMINATE 1
START 1
```

Файл REPORT:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	100000.000	9	1	0

NAME	VALUE
OKU1	10000.000

OTKAZ

7.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
1	GENERATE	9879	0	0		
2	GATE	9879	0	0		
3	SEIZE	6530	0	0		
4	ADVANCE	6530	1	0		
5	RELEASE	6529	0	0		
6	TERMINATE	6529	0	0		
OTKAZ	7	TERMINATE	3349	0	0	
8	GENERATE	1	0	0		
9	TERMINATE	1	0	0		

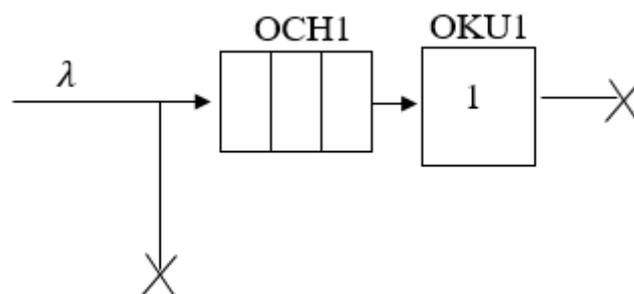
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OKU1	6530	0.333	5.107	1	9880	0	0	0	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
9881	0	100002.929	9881	0	1		
9880	0	100003.849	9880	4	5		
9882	0	200000.000	9882	0	8		

Для проверки доступности устройства удобно использовать блок GATE в режиме альтернативного выхода – если прибор обслуживания занят в момент поступления заявки, то заявка немедленно переправляется на соответствующую метку модели и удаляется из системы без обслуживания.

2. Одноканальная СМО с ограниченной очередью

Схема СМО:



Программа:

SIMULATE

GENERATE (Exponential (1,0,10)) ;поступление заявок

```

TEST LE Q$OCH1,3,otkaz ;ограничим очередь 3-мя местами
QUEUE OCH1 ;стали в очередь
SEIZE OKU1 ;занимаем прибор
DEPART OCH1 ;ушли из очереди
ADVANCE (Exponential (2,0,5)) ;обслуживание
RELEASE OKU1 ;завершение обслуживания
TERMINATE ;уходим после обслуживания
otkaz TERMINATE ;уходим после отказа
GENERATE 100000 ;время моделирования
TERMINATE 1
START 1

```

Файл REPORT:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	100000.000	11	1	0

NAME	VALUE
OCH1	10000.000
OKU1	10001.000
OTKAZ	9.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	9879	0	0
	2	TEST	9879	0	0
	3	QUEUE	9712	0	0
	4	SEIZE	9712	0	0
	5	DEPART	9712	0	0
	6	ADVANCE	9712	0	0
	7	RELEASE	9712	0	0
	8	TERMINATE	9712	0	0
OTKAZ	9	TERMINATE	167	0	0
	10	GENERATE	1	0	0
	11	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OKU1	9712	0.492	5.068	1	0	0	0	0	0

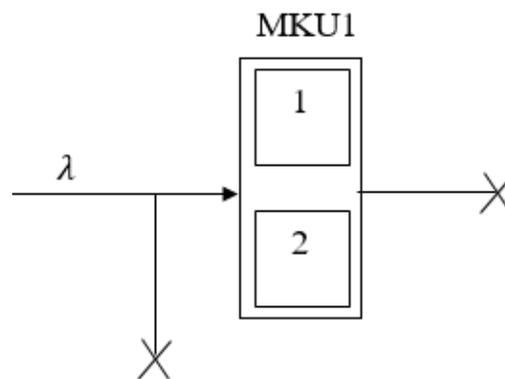
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OCH1	4	0	9712	4957	0.426	4.382	8.951

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
9881	0	100002.929	9881	0	1		
9882	0	200000.000	9882	0	10		

Для проверки длины очереди блок GATE не подходит, т.к. в нем не предусмотрена работа с очередями, поэтому в этом случае мы используем блок TEST, который определяет текущую длину очереди, и если все места в ней заняты, то заявка не поступает в обслуживание, а удаляется из системы. Можно также отметить, как введение очереди положительно сказалось на качество обслуживания: если при ее отсутствии примерно треть заявок получала отказ, то теперь из почти десяти тысяч заявок только 167 заявка получила отказ.

3. Многоканальная СМО без очереди

Схема СМО:



Программа:

```

MKU1    STORAGE 2 ;число каналов
        SIMULATE
        GENERATE (Exponential (1,0,5)) ;поступление заявок
        GATE SNF MKU1,otkaz ;проверка на наличие свободных каналов
        ENTER MKU1 ;занимаем канал
        ADVANCE (Exponential (2,0,5)) ;обслуживание
        LEAVE MKU1 ;освобождаем канал
        TERMINATE ;уходим после обслуживания
otkaz   TERMINATE ;уходим после отказа
        GENERATE 100000 ;время моделирования
        TERMINATE 1
        START 1
    
```

Файл REPORT:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	100000.000	9	0	1
NAME	VALUE			
MKU1	10000.000			
OTKAZ	7.000			

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
1	GENERATE	19748	0	0	
2	GATE	19748	0	0	
3	ENTER	15764	0	0	
4	ADVANCE	15764	0	0	
5	LEAVE	15764	0	0	
6	TERMINATE	15764	0	0	
OTKAZ	7	TERMINATE	3984	0	0
8	GENERATE	1	0	0	
9	TERMINATE	1	0	0	

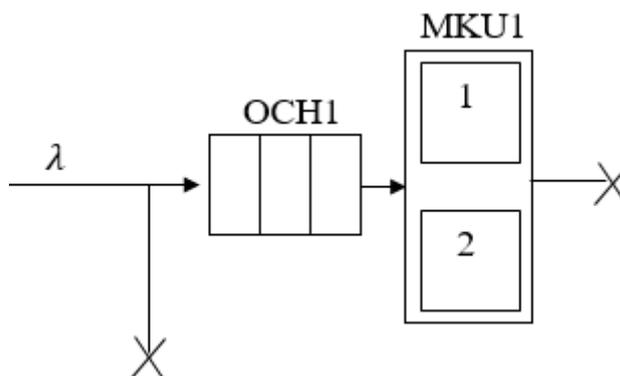
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
MKU1	2	2	0	2	15764	1	0.793	0.396	0 0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
19750	0	100002.195	19750	0	1		
19751	0	200000.000	19751	0	8		

Отмечаем, что при отсутствии очереди ожидания примерно каждая пятая заявка получает отказ в обслуживании.

4. Многоканальная СМО с ограниченной очередью

Схема СМО:



Программа:

```

MKU1  STORAGE 2 ;число каналов
      SIMULATE
      GENERATE (Exponential (1,0,5)) ;поступление заявок
      TEST LE Q$ОСН1,3,otkaz ;ограничим очередь 3-ю местами
      QUEUE ОСН1 ;стали в очередь
      ENTER MKU1 ;занимаем канал
      DEPART ОСН1 ;ушли из очереди
      ADVANCE (Exponential (2,0,5)) ;обслуживание
      LEAVE MKU1 ;освобождаем канал
      TERMINATE ;уходим после обслуживания

```

otkaz TERMINATE ;уходим после отказа
 GENERATE 100000 ;время моделирования
 TERMINATE 1
 START 1

Файл REPORT:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	100000.000	11	0	1

NAME	VALUE
MKU1	10000.000
OCH1	10001.000
OTKAZ	9.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	19748	0	0
	2	TEST	19748	0	0
	3	QUEUE	19604	0	0
	4	ENTER	19604	0	0
	5	DEPART	19604	0	0
	6	ADVANCE	19604	2	0
	7	LEAVE	19602	0	0
	8	TERMINATE	19602	0	0
OTKAZ	9	TERMINATE	144	0	0
	10	GENERATE	1	0	0
	11	TERMINATE	1	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OCH1	4	0	19604	13380	0.263	1.343	4.230

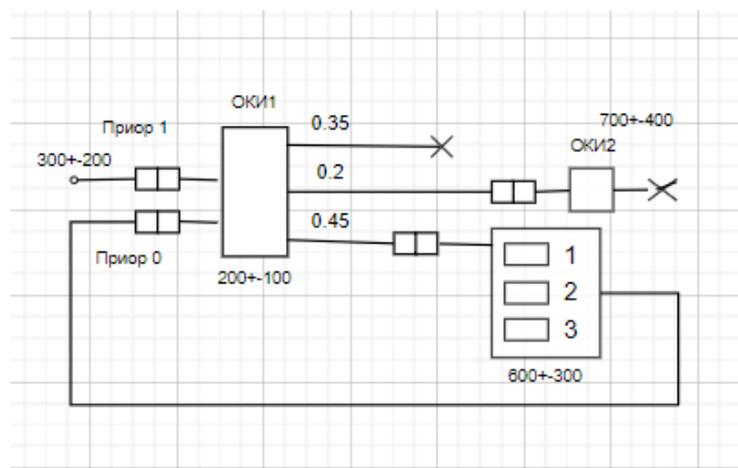
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
MKU1	2	0	0	2	19604	1	0.983	0.491	0	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
19749	0	100000.013	19749	6	7		
19750	0	100002.195	19750	0	1		
19742	0	100013.315	19742	6	7		
19751	0	200000.000	19751	0	10		

Как видим, уже при трех местах в очереди отказ в обслуживании получают минимальное число заявок – из почти двадцати тысяч заявок, отказ в обслуживании получили всего 144 заявки.

3. Задания для освоения темы: Построение и исследование моделей схем СМО с разветвлением процессов по различным условиям.

ЗАДАНИЕ 3.1. Блок TRANSFER: режим разветвления потока на 2 направления. По заданной схеме – на рисунке построить программу и, запустив её, оценить результаты в отчёте, особо обратив внимание на разветвление потока на 3 направления и оценив погрешность реализации заданных вероятностей. Попытайтесь найти зависимость погрешности реализации этого разветвления от времени моделирования



Модель системы:

```

MKU      STORAGE 3; число каналов обслуживания
GENERATE 300,200,,,1 ;заявки поступают в систему с приоритетом
QUEUE OCH1 ;становимся в очередь
SEIZE OKU1 ;занимаем OKU1
DEPART OCH1 ;покидаем очередь
obr1     ADVANCE 200,100 ;обработка
RELEASE OKU1 ;освобождаем OKU1
nxt      TRANSFER 0.8,,nxtTR ;в OKU2 вероятность перехода 1-0.8=0.2
prb2     QUEUE OCH2 ;становимся в очередь
SEIZE OKU2 ;занимаем OKU2
DEPART OCH2 ;покидаю очередь
ADVANCE 700,400 ;обработка
RELEASE OKU2 ;освобождаем канал
TERMINATE ;после OKU - выход из системы
nxtTR    TRANSFER 0.4375,,prb1 ;после OKU1 вероятность выхода из системы
0.8*0.4375=0.35
    
```

```

prb3    QUEUE OCH3 ;становимся в очередь перед MKU
        ENTER MKU ;занимаем один канал
        DEPART OCH3 ;покидаю очередь
        ADVANCE 600,300 ;обработка
        LEAVE MKU ;освобождаем один канал
        PRIORITY 0 ;удаляем приоритет
        QUEUE OCH4 ;вторая очередь (без приоритета) перед OKU1
        SEIZE OKU1 ;занимаем OKU1
        DEPART OCH4 ;покидаю очередь
        TRANSFER ,obr1 ;переход к блоку обработки на OKU1
        TERMINATE ;удаление из системы
prb1    TERMINATE ;удаление из системы
        GENERATE 100000 ;задаем время моделирования
        SAVEVALUE Prob1,(N$prb1/N$nxt) ;вычисляем вероятности
        SAVEVALUE Prob2,(N$prb2/N$nxt)
        SAVEVALUE Prob3,(N$prb3/N$nxt)
        TERMINATE 1
        START 1

```

Файл REPORT:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	100000.000	31	2	1

NAME	VALUE
MKU	10000.000
NXT	7.000
NXTTR	14.000
OBR1	5.000
OCH1	10001.000
OCH2	10005.000
OCH3	10003.000
OCH4	10004.000
OKU1	10002.000
OKU2	10006.000
PRB1	26.000
PRB2	8.000
PRB3	15.000
PROB1	10007.000
PROB2	10008.000
PROB3	10009.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	328	0	0
	2	QUEUE	328	0	0
	3	SEIZE	328	0	0
	4	DEPART	328	0	0
OBR1	5	ADVANCE	489	1	0
	6	RELEASE	488	0	0
NXT	7	TRANSFER	488	0	0
PRB2	8	QUEUE	106	0	0
	9	SEIZE	106	0	0
	10	DEPART	106	0	0
	11	ADVANCE	106	1	0
	12	RELEASE	105	0	0
	13	TERMINATE	105	0	0
NXTTR	14	TRANSFER	382	0	0
PRB3	15	QUEUE	212	0	0
	16	ENTER	212	0	0
	17	DEPART	212	0	0
	18	ADVANCE	212	1	0
	19	LEAVE	211	0	0
	20	PRIORITY	211	0	0
	21	QUEUE	211	50	0
	22	SEIZE	161	0	0
	23	DEPART	161	0	0
	24	TRANSFER	161	0	0
	25	TERMINATE	0	0	0
PRB1	26	TERMINATE	170	0	0
	27	GENERATE	1	0	0
	28	SAVEVALUE	1	0	0
	29	SAVEVALUE	1	0	0
	30	SAVEVALUE	1	0	0
	31	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OKU1	489	0.989	202.304	1	329	0	0	0	50
OKU2	106	0.677	638.948	1	326	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OCH1	2	0	328	5	0.434	132.281	134.329	0
OCH3	2	0	212	199	0.016	7.580	123.607	0
OCH4	50	50	211	1	16.689	7909.702	7947.367	0
OCH2	6	0	106	39	0.853	804.695	1273.099	0

STORAGE CAP. REM. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C. UTIL. RETRY DELAY
 MKU 3 2 0 3 212 1 1.268 0.423 0 0

SAVEVALUE RETRY VALUE
 PROB1 0 0.348
 PROB2 0 0.217
 PROB3 0 0.434

FEC XN PRI BDT ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER VALUE
 326 1 100143.752 326 11 12
 329 1 100188.254 329 5 6
 330 1 100289.851 330 0 1
 212 0 100385.855 212 18 19
 331 0 200000.000 331 0 27

Сравнивая полученные вероятности переходов с заданными, отмечают незначительное расхождение с заявленными: вместо переходов с вероятностями 0,35, 0,2 и 0,45 в результате моделирования получены вероятности 0,348, 0,217 и 0,434.

Также можно отметить, что заявки, возвращающиеся на повторную обработку в ОКУ1, вынуждены очень долго ждать в очереди ожидания – ее средняя длина составила по итогам моделирования 16,689 заявки при среднем времени ожидания начала обслуживания 7909,702 ед. времени, что говорит о том, что ОКУ1 плохо не справляется с обработкой поступающих в него заявок. Все остальные обрабатывающие устройства справляются с поступающим потоком заявок – значительные очереди больше нигде в системе не образуются, а загрузки приборов обслуживания имеют приемлемые значения (0,423 нагрузки на один канал в МКУ и 0,677 нагрузки на ОКУ2).

Проведем несколько экспериментов с различным временем моделирования с целью выявления зависимости погрешности реализации разветвлений от времени моделирования

T	100000	200000	300000	400000	500000	600000	700000
P_1	0,348	0,348	0,362	0,356	0,356	0,352	0,356
P_2	0,217	0,215	0,207	0,209	0,209	0,205	0,202

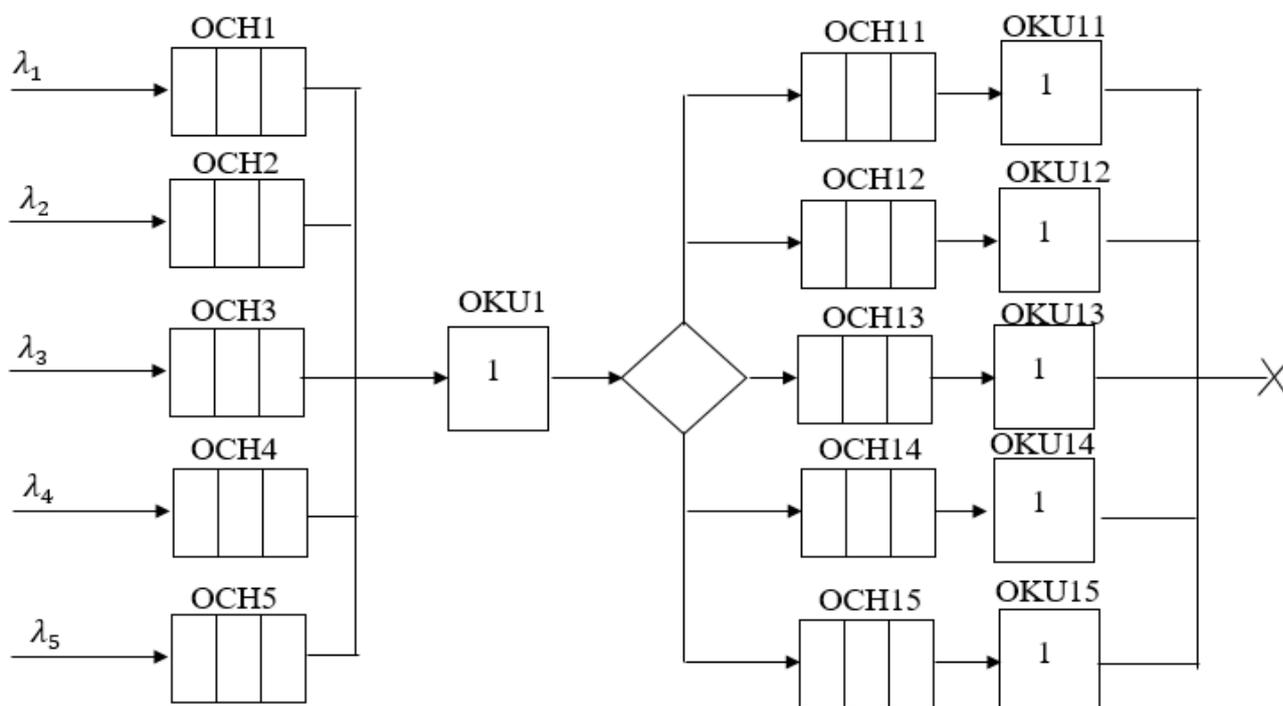
P_3	0,434	0,437	0,431	0,435	0,435	0,442	0,442
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Как видим, с ростом продолжительности моделирования погрешность реализации разветвлений уменьшается.

ЗАДАНИЕ 3.2. Построение модели с разветвлением потока на 5 направлений.

Вариант 3.2.1. Нарисовать схему СМО, содержащую одноканальное устройство (ОКУ), на вход которого поступает 5 потоков заявок, образующих соответствующие неограниченные очереди заявок, различающихся значением первого параметра. На выходе ОКУ образуется поток заявок, который надо преобразовать в 5 потоков, в каждом из которых содержатся транзакты с одинаковыми значениями первого параметра. Дальнейшее перемещение потоков – по вашему усмотрению. Интенсивности входных потоков и обслуживания заявок задать самостоятельно, но выполнять условие - коэффициент загрузки ОКУ должен принимать значение не выше 0.9. В отчёте представить и обсудить результаты моделирования.

Схема СМО:



Программа:

```

SIMULATE
GENERATE (Exponential (1,0,10)) ;1-й поток
ASSIGN 1,1 ;номер потока в 1-ом параметре
TRANSFER ,obs1 ;переход на метку с обслуживанием
GENERATE (Exponential (2,0,15)) ;2-й поток
ASSIGN 1,2 ;номер потока в 1-ом параметре
TRANSFER ,obs1 ;переход на метку с обслуживанием
GENERATE (Exponential (3,0,20)) ;3-й поток
ASSIGN 1,3 ;номер потока в 3-ем параметре
TRANSFER ,obs1 ;переход на метку с обслуживанием
GENERATE (Exponential (4,0,25)) ;4-й поток
ASSIGN 1,4 ;номер потока в 3-ем параметре
TRANSFER ,obs1 ;переход на метку с обслуживанием
GENERATE (Exponential (5,0,30)) ;5-й поток
ASSIGN 1,5 ;номер потока в 3-ем параметре
obs1  QUEUE P1 ;стали в очередь
      SEIZE OKU1 ;заняли прибор
      DEPART P1 ;ушли из очереди
      ADVANCE (Exponential (6,0,3)) ;обслуживание
      RELEASE OKU1 ;закончили обслуживание
obs11  QUEUE (P1+10) ;стали в очередь
      SEIZE (P1+10);заняли прибор
      DEPART (P1+10);ушли из очереди
      ADVANCE (Exponential (7,0,(UNIFORM(8,4#P1,6#P1)))) ;обслуживание
      RELEASE (P1+10);закончили обслуживание
      TERMINATE
      GENERATE 100000
      TERMINATE 1
      START 1
Файл REPORT:

```

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	100000.000	27	6	0

NAME	VALUE
OBSL	15.000
OBSL1	20.000
OKU1	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
1	GENERATE	9879	0	0	
2	ASSIGN	9879	0	0	

	3	TRANSFER	9879	0	0
	4	GENERATE	6525	0	0
	5	ASSIGN	6525	0	0
	6	TRANSFER	6525	0	0
	7	GENERATE	4906	0	0
	8	ASSIGN	4906	0	0
	9	TRANSFER	4906	0	0
	10	GENERATE	3846	0	0
	11	ASSIGN	3846	0	0
	12	TRANSFER	3846	0	0
	13	GENERATE	3325	0	0
	14	ASSIGN	3325	0	0
OBSL	15	QUEUE	28481	0	0
	16	SEIZE	28481	0	0
	17	DEPART	28481	0	0
	18	ADVANCE	28481	1	0
	19	RELEASE	28480	0	0
OBSL1	20	QUEUE	28480	7	0
	21	SEIZE	28473	0	0
	22	DEPART	28473	0	0
	23	ADVANCE	28473	2	0
	24	RELEASE	28471	0	0
	25	TERMINATE	28471	0	0
	26	GENERATE	1	0	0
	27	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
11	9878	0.492	4.982	1	0	0	0	0	0
12	6525	0.668	10.238	1	0	0	0	0	0
13	4903	0.717	14.620	1	28465	0	0	0	3
14	3846	0.760	19.768	1	0	0	0	0	0
15	3321	0.832	25.056	1	28426	0	0	0	4
OKU1	28481	0.857	3.009	1	28485	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
1	18	0	9879	1373	1.855	18.774	21.804	0
2	16	0	6525	912	1.282	19.640	22.832	0
3	13	0	4906	728	0.932	18.991	22.300	0
4	11	0	3846	562	0.730	18.977	22.225	0
5	7	0	3325	509	0.616	18.527	21.876	0
11	10	0	9878	4987	0.490	4.962	10.022	0
12	16	0	6525	2131	1.279	19.600	29.106	0
13	18	3	4906	1377	1.620	33.024	45.910	0
14	19	0	3846	910	2.181	56.699	74.272	0

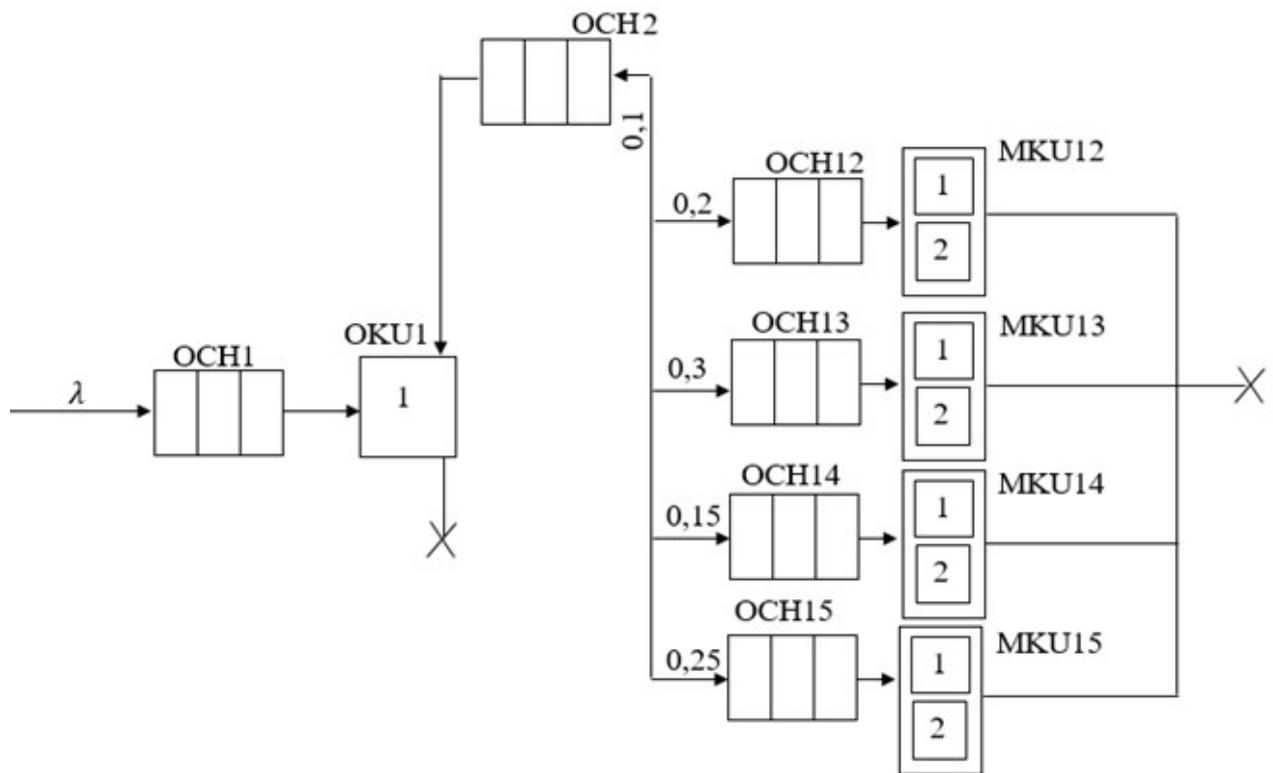
15 28 4 3325 557 4.115 123.745 148.646 0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
28485	0	100001.558	28485	18	19	1	1.000
28487	0	100002.929	28487	0	1		
28486	0	100004.795	28486	0	4		
28465	0	100006.666	28465	23	24	1	3.000
28426	0	100016.720	28426	23	24	1	5.000
28481	0	100022.420	28481	0	7		
28482	0	100024.354	28482	0	10		
28472	0	100032.728	28472	0	13		
28488	0	200000.000	28488	0	26		

В данной модели мы вносим номер потока в параметр активного транзакта, и в последствии в зависимости от значения этого параметра транзакта направляется в необходимую очередь и обслуживается также на приборе обслуживания в соответствии со значением параметра (на второй фазе обработки). Как видим из файла REPORT, разделение на различные очереди на второй фазе обработки отвечает тому числу заявок, которые поступили в систему в каждом из потоков.

Вариант 3.2.2. Нарисовать схему СМО, содержащую одноканальное устройство (ОКУ), на вход которого поступает поток заявок, загружающий ОКУ на 80%, а после обслуживания в ОКУ этот поток делится на 5 направлений с заданными вероятностями соответственно 0.1, 0.2, 0.3, 0.15 и 0.25. С вновь образованными потоками происходит следующее: Первый поток поступает на вход ОКУ, образуя свою очередь заявок с приоритетом на 1 меньше, чем заявки первоначального входного потока. Остальные 4 потока распределяются на различные схемы, построенные по вашему усмотрению. Запустить программу и по результатам экспериментов с моделью определить погрешность в оценке распределения первоначального потока с заданными вероятностями.

Схема СМО:



Программа:

```

MKU12  EQU 12 ;объявляем номер МКУ
MKU12  STORAGE 2 ;и число каналов в нем
MKU13  EQU 13
MKU13  STORAGE 2
MKU14  EQU 14
MKU14  STORAGE 2
MKU15  EQU 15
MKU15  STORAGE 2
SIMULATE
GENERATE (Exponential(1,0,10)),,,,1 ;поступление заявок с приоритетом
QUEUE OCH1 ;стали в очередь
SEIZE OKU1 ;заняли прибор
DEPART OCH1 ;ушли из очереди
ADVANCE (Exponential(2,0,8)) ;обслуживание
RELEASE OKU1 ;освободили прибор
nxt    TRANSFER 0.9,,nxt1 ;1-0.9=0.1 - возврат
        PRIORITY 0 ;убираем приоритет
prb1   QUEUE OCH2 ;стали в очередь
        SEIZE OKU1 ;заняли прибор
        DEPART OCH2 ;ушли из очереди
        ADVANCE (Exponential(3,0,8)) ;обслуживание
        RELEASE OKU1 ;освободили прибор
        TERMINATE ;покинули систему

```

```

nxt1      TRANSFER 0.7778,,nxt2 ;0.9(1-0.7778)=0.2
prb2      QUEUE OCH12 ;стали в очередь
          ENTER MKU12 ;заняли канал
          DEPART OCH12 ;ушли из очереди
          ADVANCE (Exponential(4,0,50)) ;обслуживание
          LEAVE MKU12 ;освободили канал
          TERMINATE ;покинули систему
nxt2      TRANSFER 0.5714,,nxt3 ;следующий
prb3      QUEUE OCH13 ;стали в очередь
          ENTER MKU13 ;заняли канал
          DEPART OCH13 ;ушли из очереди
          ADVANCE (Exponential(4,0,50)) ;обслуживание
          LEAVE MKU13 ;освободили канал
          TERMINATE ;покинули систему
nxt3      TRANSFER 0.625,,prb5 ;следующий
prb4      QUEUE OCH14 ;стали в очередь
          ENTER MKU14 ;заняли канал
          DEPART OCH14 ;ушли из очереди
          ADVANCE (Exponential(4,0,50)) ;обслуживание
          LEAVE MKU14 ;освободили канал
          TERMINATE ;покинули систему
prb5      QUEUE OCH15 ;стали в очередь
          ENTER MKU15 ;заняли канал
          DEPART OCH15 ;ушли из очереди
          ADVANCE (Exponential(4,0,50)) ;обслуживание
          LEAVE MKU15 ;освободили канал
          TERMINATE ;покинули систему
          GENERATE 10000 ;время моделирования
          SAVEVALUE Prob1,(N$prb1/N$nxt) ;вычисляем вероятность перехода
          SAVEVALUE Prob2,(N$prb2/N$nxt) ;вычисляем вероятность перехода
          SAVEVALUE Prob3,(N$prb3/N$nxt) ;вычисляем вероятность перехода
          SAVEVALUE Prob4,(N$prb4/N$nxt) ;вычисляем вероятность перехода
          SAVEVALUE Prob5,(N$prb5/N$nxt) ;вычисляем вероятность перехода
          TERMINATE 1
          START 1

```

Файл REPORT:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	10000.000	48	1	4

NAME	VALUE
MKU12	12.000
MKU13	13.000

MKU14	14.000
MKU15	15.000
NXT	7.000
NXT1	15.000
NXT2	22.000
NXT3	29.000
OCH1	10004.000
OCH12	10009.000
OCH13	10006.000
OCH14	10008.000
OCH15	10007.000
OCH2	10010.000
OKU1	10005.000
PRB1	9.000
PRB2	16.000
PRB3	23.000
PRB4	30.000
PRB5	36.000
PROB1	10011.000
PROB2	10012.000
PROB3	10013.000
PROB4	10014.000
PROB5	10015.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	1010	0	0
	2	QUEUE	1010	6	0
	3	SEIZE	1004	0	0
	4	DEPART	1004	0	0
	5	ADVANCE	1004	1	0
	6	RELEASE	1003	0	0
NXT	7	TRANSFER	1003	0	0
	8	PRIORITY	117	0	0
PRB1	9	QUEUE	117	25	0
	10	SEIZE	92	0	0
	11	DEPART	92	0	0
	12	ADVANCE	92	0	0
	13	RELEASE	92	0	0
	14	TERMINATE	92	0	0
NXT1	15	TRANSFER	886	0	0
PRB2	16	QUEUE	205	0	0
	17	ENTER	205	0	0
	18	DEPART	205	0	0
	19	ADVANCE	205	0	0
	20	LEAVE	205	0	0

	21	TERMINATE	205	0	0
NXT2	22	TRANSFER	681	0	0
PRB3	23	QUEUE	303	10	0
	24	ENTER	293	0	0
	25	DEPART	293	0	0
	26	ADVANCE	293	2	0
	27	LEAVE	291	0	0
	28	TERMINATE	291	0	0
NXT3	29	TRANSFER	378	0	0
PRB4	30	QUEUE	178	0	0
	31	ENTER	178	0	0
	32	DEPART	178	0	0
	33	ADVANCE	178	1	0
	34	LEAVE	177	0	0
	35	TERMINATE	177	0	0
PRB5	36	QUEUE	200	1	0
	37	ENTER	199	0	0
	38	DEPART	199	0	0
	39	ADVANCE	199	2	0
	40	LEAVE	197	0	0
	41	TERMINATE	197	0	0
	42	GENERATE	1	0	0
	43	SAVEVALUE	1	0	0
	44	SAVEVALUE	1	0	0
	45	SAVEVALUE	1	0	0
	46	SAVEVALUE	1	0	0
	47	SAVEVALUE	1	0	0
	48	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OKU1	1096	0.917	8.366	1	1005	0	0	0	31

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OCH1	24	6	1010	78	4.797	47.491	51.465	0
OCH13	14	10	303	120	1.685	55.624	92.099	0
OCH15	7	1	200	131	0.520	26.015	75.407	0
OCH14	2	0	178	146	0.073	4.123	22.936	0
OCH12	5	0	205	115	0.531	25.889	58.968	0
OCH2	29	25	117	10	5.230	446.973	488.747	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
MKU12	2	2	0	2	205	1	1.130	0.565	0	0
MKU13	2	0	0	2	293	1	1.522	0.761	0	10

```

MKU14      2  1  0  2  178  1  0.739 0.369  0  0
MKU15      2  0  0  2  199  1  1.020 0.510  0  1

```

```

SAVEVALUE      RETRY  VALUE
PROB1          0    0.117
PROB2          0    0.204
PROB3          0    0.302
PROB4          0    0.177
PROB5          0    0.199

```

```

FEC XN PRI      BDT  ASSEM CURRENT NEXT PARAMETER  VALUE
1005  1    10001.420 1005   5   6
996   1    10011.376 996   39  40
1012  1    10026.982 1012   0   1
972   1    10044.220 972   26  27
1003  1    10057.976 1003   39  40
1001  1    10071.062 1001   33  34
977   1    10138.358 977   26  27
1013  0    20000.000 1013   0  42

```

Сравнивая полученные вероятности переходов с заданными, отмечают расхождение с заявленными блоком TRANSFER: вместо переходов с вероятностями 0,1, 0,2, 0,3, 0,15 и 0,25 в результате моделирования получены вероятности 0,117, 0,204, 0,302, 0,177 и 0,199.

Проведем несколько экспериментов с различным временем моделирования с целью выявления зависимость погрешности реализации разветвлений от времени моделирования

T	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000
P_1	0,117	0,103	0,095	0,096	0,099	0,101	0,101
P_2	0,204	0,210	0,207	0,207	0,203	0,202	0,201
P_3	0,302	0,305	0,306	0,301	0,297	0,294	0,294
P_4	0,177	0,157	0,160	0,153	0,155	0,153	0,156
P_5	0,199	0,225	0,232	0,243	0,246	0,249	0,249

Можно отметить, как с ростом продолжительности периода моделирования вероятности переходов становятся все ближе к заявленным исходным

вероятностям: если по истечении 10000 единиц времени максимальное отклонение от заданной вероятности составляло 0,051, то по истечении 70000 единиц времени, максимальное отклонение уже равняется только 0,006.

Вариант 3.2.3. Предыдущие варианты можно выполнить, заменив блок TRANSFER на блок FUNCTION.

Программа:

```
GRUP    FUNCTION RN777,D5 ;задаем функцию
0.1,11/0.3,12/0.6,13/0.75,14/1.0,15
MKU12   EQU 12 ;объявляем номер МКУ
MKU12   STORAGE 2 ;и число каналов в нем
MKU13   EQU 13
MKU13   STORAGE 2
MKU14   EQU 14
MKU14   STORAGE 2
MKU15   EQU 15
MKU15   STORAGE 2
SIMULATE
GENERATE (Exponential(1,0,10)),,,,1 ;поступление заявок с приоритетом
QUEUE OCH1 ;стали в очередь
SEIZE OKU1 ;заняли прибор
DEPART OCH1 ;ушли из очереди
ADVANCE (Exponential(2,0,8)) ;обслуживание
RELEASE OKU1 ;освободили прибор
ASSIGN 1,FN$GRUP ;пишем в 1-й параметр номер
nxt     TEST E P1,11,nxt1 ;отдельно выделяем тех, кто вернется на OKU1
        PRIORITY 0 ;убираем приоритет
prb1    QUEUE OCH2 ;стали в очередь
        SEIZE OKU1 ;заняли прибор
        DEPART OCH2 ;ушли из очереди
        ADVANCE (Exponential(3,0,8)) ;обслуживание
        RELEASE OKU1 ;освободили прибор
        TERMINATE ;покинули систему
nxt1    QUEUE P1 ;стали в очередь
        ENTER P1 ;заняли канал
        DEPART P1 ;ушли из очереди
        ADVANCE (Exponential(4,0,50)) ;обслуживание
        LEAVE P1 ;освободили канал
        TERMINATE ;покинули систему
        GENERATE 10000 ;время моделирования
        SAVEVALUE Prob1,(N$prb1/N$nxt) ;вычисляем вероятность перехода
        SAVEVALUE Prob2,(QC12/N$nxt) ;вычисляем вероятность перехода
```

SAVEVALUE Prob3,(QC13/N\$next) ;с помощью чисел входа в очередь
 SAVEVALUE Prob4,(QC14/N\$next)
 SAVEVALUE Prob5,(QC15/N\$next)
 TERMINATE 1
 START 1

Файл REPORT:

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	10000.000	28	1	4

NAME	VALUE
GRUP	10000.000
MKU12	12.000
MKU13	13.000
MKU14	14.000
MKU15	15.000
NXT	8.000
NXT1	16.000
OCH1	10005.000
OCH2	10007.000
OKU1	10006.000
PRB1	10.000
PROB1	10008.000
PROB2	10009.000
PROB3	10010.000
PROB4	10011.000
PROB5	10012.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	983	0	0	
	2	QUEUE	983	1	0	
	3	SEIZE	982	0	0	
	4	DEPART	982	0	0	
	5	ADVANCE	982	0	0	
	6	RELEASE	982	0	0	
	7	ASSIGN	982	0	0	
NXT	8	TEST	982	0	0	
	9	PRIORITY	93	0	0	
PRB1	10	QUEUE	93	16	0	
	11	SEIZE	77	0	0	
	12	DEPART	77	0	0	
	13	ADVANCE	77	1	0	
	14	RELEASE	76	0	0	

	15	TERMINATE	76	0	0
NXT1	16	QUEUE	889	13	0
	17	ENTER	876	0	0
	18	DEPART	876	0	0
	19	ADVANCE	876	7	0
	20	LEAVE	869	0	0
	21	TERMINATE	869	0	0
	22	GENERATE	1	0	0
	23	SAVEVALUE	1	0	0
	24	SAVEVALUE	1	0	0
	25	SAVEVALUE	1	0	0
	26	SAVEVALUE	1	0	0
	27	SAVEVALUE	1	0	0
	28	TERMINATE	1	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
OKU1	1059	0.883	8.337	1	844	0	0	0	17

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
12	5	2	218	161	0.243	11.133	42.578	0
13	14	11	303	81	2.200	72.596	99.083	0
14	2	0	119	99	0.050	4.207	25.029	0
15	12	0	249	130	0.961	38.608	80.785	0
OCH1	17	1	983	111	3.137	31.911	35.973	0
OCH2	18	16	93	6	2.421	260.364	278.320	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
MKU12	2	0	0	2	216	1	0.911	0.456	0	2
MKU13	2	0	0	2	292	1	1.612	0.806	0	11
MKU14	2	1	0	2	119	1	0.646	0.323	0	0
MKU15	2	0	0	2	249	1	1.233	0.617	0	0

SAVEVALUE	RETRY	VALUE
PROB1	0	0.095
PROB2	0	0.222
PROB3	0	0.309
PROB4	0	0.121
PROB5	0	0.254

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
844	0		10001.196	844	13	14	1	11.000

972	1	10015.941	972	19	20	1	15.000
985	1	10016.916	985	0	1		
928	1	10045.509	928	19	20	1	13.000
981	1	10046.165	981	19	20	1	12.000
979	1	10057.562	979	19	20	1	12.000
971	1	10075.759	971	19	20	1	14.000
978	1	10083.442	978	19	20	1	15.000
935	1	10150.839	935	19	20	1	13.000
986	0	20000.000	986	0	22		

Преимуществом задания вероятности перехода с помощью функцию в сравнении с блоком TRANSFER является то, что с помощью функции можно реализовать большое число разных переходов в несколько строк модели, тогда как если делать это же самое с помощью блока TRANSFER, нам для каждого перехода необходимо предварительно вычислить все вероятности с учетом тех потоков, которые уже были отсечены предыдущими блоками TRANSFER.

Также, как и в предыдущей модели, проведем несколько экспериментов с различным временем моделирования с целью выявления зависимость погрешности реализации разветвлений от времени моделирования

T	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000
P_1	0,095	0,093	0,094	0,098	0,102	0,103	0,103
P_2	0,222	0,205	0,204	0,201	0,199	0,198	0,197
P_3	0,309	0,325	0,316	0,315	0,308	0,309	0,307
P_4	0,121	0,130	0,137	0,138	0,141	0,141	0,145
P_5	0,254	0,247	0,249	0,248	0,250	0,249	0,249

Как видим, результаты несколько отличаются от тех, что были получены при использовании блоков TRANSFER, но сама тенденция остается неизменной – при росте продолжительности моделирования вероятности переходов становятся все ближе к заявленным исходным вероятностям

4. ЗАДАНИЕ на тему: сравнение результатов математического и имитационного моделирования на примерах моделирования АвтоЗаправочных Станций (АЗС).

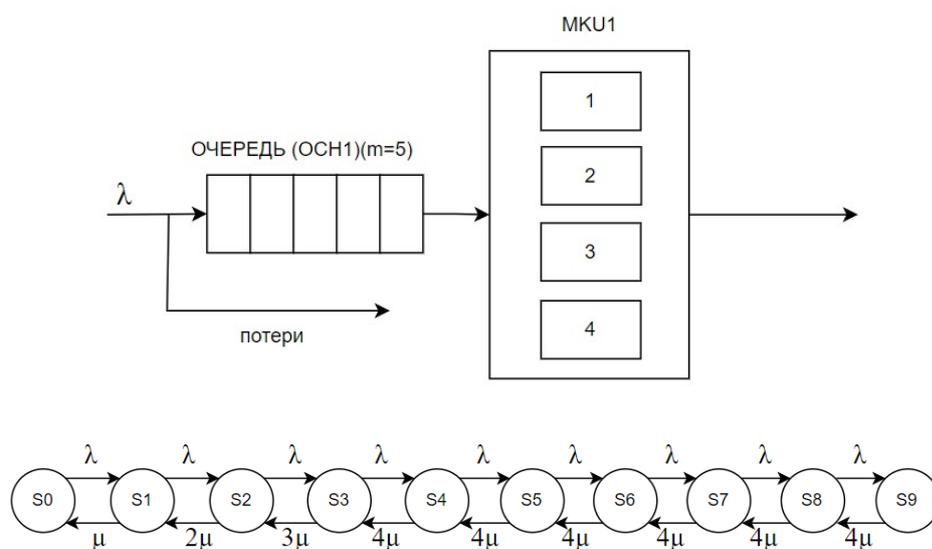
Вариант	13
L - Частота появления АМ на АЗС, в 1 мин.	5
N - Количество работающих БК на АЗС	4
Тобсл. - Длительность заправки, мин	5
Ro - Ограничение длины очереди АМ к АЗС	5

Получаем:

Система обслуживания (СМО) представляет собой автозаправку (АЗ) с 4 бензоколонками (БК), к которой подъезжают автомобили (АМ) с частотой 5 АМ в минуту и, если нет очереди, то сразу подъезжают к одной из свободных БК для заправки, которая длится в среднем $T_{обсл} = 5$ минут. При наличии очереди в 5 машин АМ покидает АЗ.

Пункты задания:

1. Построить схему СМО, по ней построить граф состояний.



Система: M/M/4/5

Состояния системы:

- a. S0 – в системе нет заявок (все каналы свободны)
- b. S1 – занят один канал, остальные свободны
- c. S2 – занят второй канал, остальные свободны
- d. S3 – занят третий канал, остальные свободны
- e. S4 – занят четвертый канал, остальные свободны
- f. S5 – заняты все 4 канала + 1 в очереди заявки
- g. S6 – заняты все 4 канала, + 2 в очереди заявки
- h. S7 – заняты все 4 канала, + 3 в очереди заявки
- i. S8 – заняты все 4 канала, + 4 в очереди заявки
- j. S9 – заняты все 4 канала, + 5 в очереди заявки

2. Определить, к какой группе типовых схем СМО относится заданная система обслуживания, записать формулы расчета основных характеристик этой СМО и выполнить вычисления значений этих характеристик.

В данном случае перед нами многоканальная СМО с ограниченной длиной очереди = 4.

Показатель интенсивности поступления заявок:

$$\lambda = 5 \text{ в минуту}$$

$$\text{Интенсивность обслуживания: } \mu = \frac{1}{T_{\text{обсл.}}} = \frac{1}{5} = 0,2$$

Определим показатели работы. Вычислим нагрузку на СМО:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda T_{\text{обсл.}} = 5 \cdot 5 = 25$$

Далее находим:

- вероятность простоя системы (отсутствие машин на АЗС):

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^{n+1}}{n! \cdot (n-\rho)}} = \frac{1}{\sum_{k=0}^4 \frac{25^k}{k!} + \frac{25^{4+1}}{4! \cdot (4-25)}} = \frac{1}{19218,70833 + \frac{25^5 \left(1 - \frac{9765625}{1024}\right)}{25 \cdot (4-25)}} = 0,000008$$

Время простоя = $T_{\text{пр}} = 0,000008 \text{ мин}$

занят 1 канал:

$$P_1 = \frac{\rho^1}{1!} * P_0 = \frac{25^1}{1!} * 0,000000054117 = 0,000001353$$

заняты 2 канала:

$$P_2 = \frac{p^2}{2!} * P_0 = \frac{25^2}{2!} * 0,000000054117 = 0,0000016911$$

заняты 3 канала:

$$P_3 = \frac{p^3}{3!} * P_0 = \frac{25^3}{3!} * 0,000000054117 = 0,0000140929$$

заняты 4 канала:

$$P_4 = \frac{p^4}{4!} * P_0 = \frac{25^4}{4!} * 0,000000054117 = 0,0000880805$$

При появлении очереди, рассчитывается по след. формуле:

$$P_{n+r} = \frac{p^{n+r}}{n^r n!} P_0$$

Заняты 4 канала + 1 в очереди:

$$P_5 = \frac{p^5}{n^1 n!} * P_0 = \frac{25^5}{4^1 4!} * 0,000000054117 = 0,00055050287$$

Заняты 4 канала + 2 в очереди:

$$P_6 = \frac{p^6}{n^2 n!} * P_0 = \frac{25^6}{4^2 4!} * 0,000000054117 = 0,00344064293$$

Заняты 4 канала + 3 в очереди:

$$P_7 = \frac{p^7}{n^3 n!} * P_0 = \frac{25^7}{4^3 4!} * 0,000000054117 = 0,02150401833$$

Заняты 4 канала + 4 в очереди:

$$P_8 = \frac{p^8}{n^4 n!} * P_0 = \frac{25^8}{4^4 4!} * 0,000000054117 = 0,13440011458$$

Заняты 4 канала + 5 в очереди:

$$P_9 = \frac{p^9}{n^5 n!} * P_0 = \frac{25^9}{4^5 4!} * 0,000000054117 = 0,84000071611$$

Чтобы проверить правильность нахождения, необходимо сложить их, должны получить 1:

в очереди	р				
0	1	25	5,41166E-09	0,0000001353	P1
0	2	25	5,41166E-09	0,0000016911	P2
0	3	25	5,41166E-09	0,0000140929	P3
0	4	25	5,41166E-09	0,0000880805	P4
1	4	25	5,41166E-09	0,00055050287	P5
2	4	25	5,41166E-09	0,00344064293	P6
3	4	25	5,41166E-09	0,02150401833	P7
4	4	25	5,41166E-09	0,13440011458	P8
5	4	25	5,41166E-09	0,84000071611	P9
			СУММА	1,0000000	

Сумма = 1, следовательно вероятность найдена правильно.

Вероятность отказа - доля заявок, получивших отказ

$$P_{отк} = P_6 \approx 0,84000071611$$

Значит, 84% из числа поступивших заявок не принимаются к обслуживанию.

Вероятность обслуживания поступающих заявок

$$P_{обс} = 1 - P_{отк} = 1 - 0,84 = 0,16$$

Среднее число каналов, занятых обслуживанием

$$N_z = \rho \cdot P_{обс} = 25 \cdot 0,16 = 4 \text{ канала, то есть практически всегда все 4 канала}$$

заняты

Среднее число простаивающих каналов.

$$N_{пр} = n - N_z = 4 - 4 = 0 \text{ канала - ни один канал не простаивает}$$

Относительная пропускная способность СМО:

$$Q = 1 - P_{отк} = 1 - 0,84 = 0,16$$

Количество АМ, обслуженных за 1 час и за смену (8 часов) равны соответственно:

$$n_{час} = 60 \cdot \lambda \cdot Q = 60 \cdot 5 \cdot 0,16 = 48$$

$$n_{смена} = 8 n_{час} = 8 \cdot 48 = 384$$

Среднее число заявок, находящихся в очереди.

$$L_{оч} = \frac{\rho^{n+1} 1 - (\rho/n)^m (m+1 - m \cdot \rho/n)}{n \cdot n! (1 - (\rho/n))^2} P_0$$
$$L_{оч} = \frac{25^5}{4 \cdot 4!} * 1 - \left(\frac{25}{4}\right)^5 * \left(\frac{5 \cdot 25}{4}\right)$$

≈

Среднюю длину очереди ожидания вычислим непосредственно по вероятностям состояний:

$$L_{оч} = \sum_{k=1}^m k P_{n+k} = 1 P_{4+1} + 2 P_{4+2} + 3 P_{4+3} + 4 P_{4+4} + 5 P_{4+5}$$

$$\approx 1 \cdot 0,00055050287 + 2 \cdot 0,00344064293 + 3 \cdot 0,02150401833 + 4 \cdot 0,13440011458 + 5 \cdot 0,84000071611 = \approx 4,809548$$

– соответствует значению, найденному ранее

среднее время ожидания АМ в очереди (без учета получивших отказ):

$$T_{оч} = \frac{L_{оч}}{\lambda Q} = \frac{4,81}{0,8} = 6,0125$$

коэффициент загрузки АЗ в целом:

$$\bar{k} = \lambda Q T_{\text{обсл}} = 0,8 * 5 \approx 4$$

коэффициент загрузки бензоколонки:

$$\bar{k}_{\text{ок}} = \frac{\bar{k}}{n} = \frac{4}{4} = 1$$

3. Для этой же схемы построить имитационную GPSS-модель и запустить на компьютере (ПК) эту программу. Задать в модели соответствующее время моделирования, обеспечивающее получение устойчивых (достоверных) значений характеристик СМО

Код:

```

MKU1    STORAGE 4 ;Число n
        GENERATE (Exponential(1,0,1.0/5)) ;λ= 5 машин/мин
beg     TEST L Q$OCH1,5,otk ;очередь из 5 мест Ro
        QUEUE OCH1; добавляем в очередь
        ENTER MKU1; занимаем колонку
        DEPART OCH1; счетчик длины очереди уменьшаем на 1
        ADVANCE (Exponential(2,0,5)) ; среднее время обслуживания - 5 мин Tobc
        LEAVE MKU1; освобождаем колонку
good    TERMINATE ;удаляем заявку из программы
otk     TERMINATE ;выход если заявка попала в потери
        GENERATE 4800000 ;моделируем 10000 смен по 8 часов
        SAVEVALUE P_otkaza,(N$otk/N$beg) ;вероятность отказа
        SAVEVALUE count_v_chas,(N$good/80000) ;среднее количество
обслуженных в час
        SAVEVALUE count_v_smenu,(N$good/10000) ;среднее количество
обслуженных в смену
        TERMINATE 1
        START 1
    
```

Результат:

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 9.9.1

Saturday, May 21, 2022 19:55:28

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	4800000.000	14	0	1

NAME	VALUE
BEG	2.000
COUNT_V_CHAS	10003.000

COUNT_V_SMENU	10004.000
GOOD	8.000
MKU1	10000.000
OCH1	10001.000
OTK	9.000
P_OTKAZA	10002.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE	24003321	0	0
BEG	2	TEST	24003321	0	0
	3	QUEUE	3837988	5	0
	4	ENTER	3837983	0	0
	5	DEPART	3837983	0	0
	6	ADVANCE	3837983	4	0
	7	LEAVE	3837979	0	0
GOOD	8	TERMINATE	3837979	0	0
OTK	9	TERMINATE	20165333	0	0
	10	GENERATE	1	0	0
	11	SAVEVALUE	1	0	0
	12	SAVEVALUE	1	0	0
	13	SAVEVALUE	1	0	0
	14	TERMINATE	1	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OCH1	5	5	3837988	368	4.809	6.015	6.016 0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
MKU1	4	0	0	4	3837983	1	4.000	1.000	0	5

SAVEVALUE	RETRY	VALUE
P_OTKAZA	0	0.840
COUNT_V_CHAS	0	47.975
COUNT_V_SMENU	0	383.798

4. Для наглядного сравнения значений характеристик, полученных путём расчёта и имитации на ПК, свести все результаты в таблицу и записать выводы по полученным результатам работы.

Характеристика	Аналитически	GPSS
Вероятность отказа в обслуживании	0,84	P_OTKAZA 0.840
Количество АМ, обслуженных за 1 час	48	COUNT_V_CHAS 47.975
Количество АМ, обслуженных за 1 смену	384	COUNT_V_SMEN U 383.798
Средняя длина очереди	3,289	AVE.CONT 4.809
Среднее время ожидания АМ в очереди	6,0125	AVE.TIME 6.015
Коэффициент загрузки АЗ в целом	4	AVE.C 4.000
Коэффициент загрузки бензоколонки	1	UTIL 1.000

Результаты, имитационного и аналитических методов моделирования, практически одинаковые.

Характеристики систем массового обслуживания возможно рассчитать аналитически, но также и имитационным методом.