

Цель работы: изучить принципы и методы аналитического и статистического (имитационного) моделирования информационных систем на примере службы поддержки пользователей ИС.

1 Математическая модель службы поддержки пользователей ИС

Служба поддержки пользователей является стохастической линейной разомкнутой сетью массового обслуживания (СeМО). Сетью является совокупность взаимосвязанных систем массового обслуживания (СМО), в среде которых циркулируют требования (инциденты).

Разомкнутая (открытая) СeМО (РСeМО) содержит один или несколько внешних независимых источников заявок, которые генерируют заявки в сеть независимо от числа заявок, находящихся в сети. В РСeМО одновременно может находиться любое число заявок, в том числе, и сколь угодно большое, то есть от 0 до бесконечности. С РСeМО связана внешняя среда, из которой поступают заявки в сеть и в которую они возвращаются после обслуживания в сети. Внешняя среда в РСeМО обозначается обычно как нулевой узел «0».

СМО является узлом сети. В рассматриваемой сети четыре узла – это три уровня поддержки и нулевой узел.

Для упрощенного изображения СeМО используем граф. Граф СeМО – это ориентированный граф, вершины которого соответствуют узлам, а дуги отображают переходы требований между узлами.

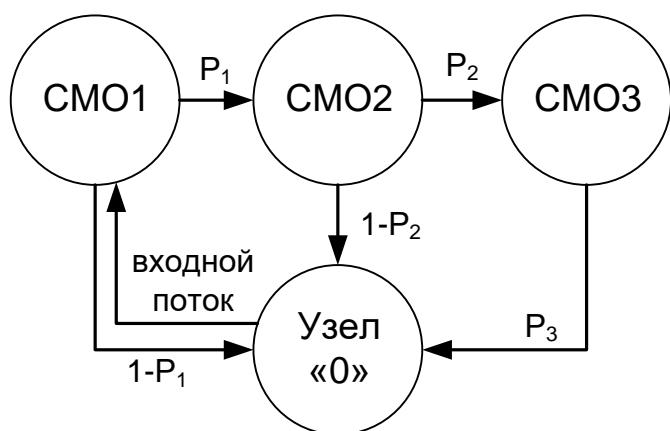


Рисунок 1.1 – Граф РСeМО

Все СМО сети являются системами с неоднородным потоком заявок без последствия, с ожиданием без ограничения времени. Входной поток заявок пуассоновский, а время обслуживания распределено по экспоненциальному закону. Дисциплина обслуживания приоритетная с относительными приоритетами.

Разомкнутая экспоненциальная СМО задается следующими параметрами:

- числом СМО, $N = 3$;
- числом каналов в каждой СМО, $m = 130/85/10$;
- матрицей вероятностей передач, $P = \{p_{ij}\}$;
- интенсивностями входных потоков, $\lambda_0 = 48$ тр./час;
- средними длительностями обслуживания требований в СМО, $b = 2,6/3,0/4,8$ час/тр.

Для линейных РСМО матрица вероятностей передач должна удовлетворять условию (1).

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1, \quad i = 0, \dots, n \tag{1}$$

Это условие отражает тот факт, что любое требование, покинувшее некоторый узел, с вероятностью равной единице перейдет в какой то другой узел, включая нулевой или тот же самый. Переход требования в нулевой узел означает, что оно покинуло сеть.

Составим матрицу передач:

$$P = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0 & 0,5 & 0 \\ 0,9 & 0 & 0 & 0,1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Построим систему уравнений баланса интенсивностей:

$$\lambda_i = \begin{cases} \lambda_0 = 0,5\lambda_1 + 0,9\lambda_2 + \lambda_3 \\ \lambda_1 = \lambda_0 \\ \lambda_2 = 0,5\lambda_0 \\ \lambda_3 = 0,1\lambda_2 \end{cases}$$

Решим систему уравнений, учитывая, что $\lambda_0 = 48$ тр./час:

$$\lambda_1 = 48 \quad \lambda_2 = 24 \quad \lambda_3 = 2,4$$

Проведем проверку стационарности сети. СeМО стационарна, если стационарны все СМО, т.е. отвечают условию (2).

$$\theta_i = \frac{\rho_i}{m_i} = \frac{\lambda_i}{m_i \cdot \mu_i}, \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

где θ – коэффициент загрузки СМО;

ρ – коэффициент загрузки одного канала;

m – количество каналов в СМО.

μ – интенсивность обслуживания, определяемая по формуле (3).

$$\mu_i = \frac{1}{b_i} \quad (3)$$

Поскольку СМО неоднородные, необходимо дополнительно задать параметры для каждого класса требований (таблицы 1 – 3).

Таблица 1 – Параметры СМО1

Класс	Приоритет потока	Интенсивность потока, тр./час	Интенсивность обслуживания час/тр.	Коэффициент загрузки	
				канала	системы
Инцидент в службу поддержки	1	24	4	6	0,05
Консультация пользователя	2	24	0,2	120	0,92
Общее знач.		48	0,38	126,3	0,97

Таблица 2 – Параметры СМО2

Класс	Приоритет потока	Интенсивность потока, тр./час	Интенсивность обслуживания час/тр.	Коэффициент загрузки	
				канала	системы
Закрытие	1	6	0,50	12	0,15
Очень высокий	2	8	0,33	24,2	0,30
Высокий	3	8	0,29	27,6	0,35
Средний	4	1	0,25	4	0,05
Низкий	5	1	0,22	4,6	0,06
Общее знач.		24	0,33	72,7	0,86

Таблица 3 – Параметры СМО3

Класс	Приоритет потока	Интенсивность потока, тр./час	Интенсивность обслуживания час/тр.	Коэффициент загрузки	
				канала	системы
Срочная корректура	1	0,50	0,25	2	0,2
Обычная корректура	2	0,65	0,17	3,9	0,39
Административная корректура	3	1,25	0,50	2,5	0,25
Общее знач.		2,40	0,29	8,3	0,83

Как видно из таблиц, все коэффициенты загрузки СМО меньше единицы, следовательно, сеть стационарная.

Характеристики СeМО делятся на два класса: узловые, описывающие функционирование отдельных узлов и сетевые, описывающие функционирование сети в целом.

Узловые характеристики:

Коэффициент простоя узла (4):

$$\eta = 1 - \theta \quad (4)$$

Предельные вероятности системы (5 – 7):

$$P_0 = \left(\sum_{k=1}^{m-1} \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^m}{m!} \cdot \frac{1}{1-\theta} \right)^{-1} \quad (5)$$

$$P_m = \frac{\rho^m}{m!} \cdot P_0 \quad (6)$$

$$P_{m+1} = \frac{\rho}{m} \cdot P_m = \theta \cdot P_m \quad (7)$$

Время ожидания в очереди требования k -го приоритета (8):

$$W_{q_k} = \frac{M(\tau_0)}{2 \cdot (1 - S_{k-1})(1 - S_k)} \quad S_k = \sum_{i=1}^k \theta_i \quad (8)$$

где τ_0 – время до окончания обслуживания заявки, находящейся на обслуживании в момент поступления заявки k -го приоритета, $M(\tau_0)$ – математическое ожидание времени обработки требования, определяемое по формуле (9).

$$M(\tau_0) = \frac{P_0 \cdot \rho^m \cdot \theta}{\lambda \cdot m! \cdot (1 - \theta)} \quad (9)$$

Используя замену θ на ρ , получим (10):

$$M(\tau_0) = \frac{P_0 \cdot \rho^{m+1}}{\lambda \cdot (m-1)! \cdot (m-\rho)} \quad (10)$$

Следующие параметры модели можно получить, используя формулы Литтла.

Средняя длина очереди требований k -го приоритета (11):

$$L_{q_k} = \lambda_k \cdot W_{q_k} \quad (11)$$

Среднее время пребывания в системе требования k -го приоритета (12):

$$W_{s_k} = W_{q_k} + \frac{1}{\mu_k} \quad (12)$$

Среднее количество требований k -го приоритета в системе (3.13):

$$L_{s_k} = L_{q_k} + \rho_k \quad (13)$$

Средняя длина очереди всех требований (3.14):

$$L_q = \sum_{k=0}^n L_{q_k} \quad (14)$$

Среднее время пребывания всех требований в очереди (3.15):

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (15)$$

Среднее количество всех требований в системе (3.16):

$$L_s = L_q + \rho \quad (16)$$

Среднее время пребывания всех требований в системе (3.17):

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (17)$$

Результаты расчетов сведены в таблице 4.

Таблица 4 – Узловые характеристики РСеМО

Показатель	СМО1	СМО2	СМО3
1	2	3	4
η	0,098	0,144	0,172
P_0	0,000	0,000	4×10^{-5}
P_m	2×10^{-4}	2×10^{-3}	0,017
P_{m+1}	2×10^{-4}	1×10^{-3}	0,014
$M(\tau_0)$	0,020	0,033	0,034
Wq_1	0,011	0,019	0,021
Wq_2	0,346	0,033	0,051
Wq_3	–	0,115	0,324
Wq_4	–	0,327	–
Wq_5	–	0,548	–
Lq_1	0,256	0,115	0,011
Lq_2	8,307	0,267	0,033
Lq_3	–	0,921	0,304
Lq_4	–	0,327	–
Lq_5	–	0,548	–
Ws_1	0,261	2,019	4,021
Ws_2	5,346	3,064	5,933
Ws_3	–	3,563	2,244
Ws_4	–	4,327	–
Ws_5	–	5,093	–
Ls_1	6,256	12,12	2,011
Ls_2	128,3	24,51	3,857
Ls_3	–	28,51	2,804
Ls_4	–	4,327	–
Ls_5	–	5,093	–
Lq	8,563	2,177	0,348
Wq	0,178	0,091	0,145
Ls	134,9	74,91	8,624
Ws	2,810	3,121	3,593

На основании узловых характеристик рассчитаем сетевые:

Суммарная загрузка, характеризующая среднее число требований, находящихся во всех узлах сети (18):

$$\theta_{CeMO} = \sum_{i=0}^N \theta_i \quad (18)$$

Средняя длина очереди требований во всех узлах сети (19):

$$L_{qCeMO} = \sum_{i=0}^N L_{qi} \quad (19)$$

Среднее время пребывания требований в очереди во всех узлах сети (20):

$$W_{qCeMO} = \sum_{i=0}^N W_{qi} \cdot \alpha_i \quad (20)$$

где α_i – коэффициент передачи для узла i , определяемый по формуле (21).

$$\alpha_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_0} \quad (21)$$

Среднее количество требований во всех узлах сети (22):

$$L_{sCeMO} = \sum_{i=0}^N L_{si} \quad (22)$$

Среднее время пребывания всех требований в системе (23):

$$W_{\text{CeMO}} = \sum_{i=0}^N W_{si} \cdot \alpha_i \quad (23)$$

Таблица 5 – Сетевые характеристики РСеМО

Показатель	СМО1	СМО2	СМО3
α	1	0,5	0,05
θ_{CeMO}		2,655	
Lq_{CeMO}		11,09	
Wq_{CeMO}		0,231	
Ls_{CeMO}		218,4	
Ws_{CeMO}		4,550	

Чтобы сеть функционировала, необходимо чтобы интенсивность входного потока требований не превышала интенсивности обслуживания, т.е. выполнения условия (24):

$$\theta_i = \frac{\rho_i}{m_i} = \frac{\lambda_i}{m_i \cdot \mu_i} \leq 1 \quad (24)$$

Построим график загрузки РСеМО при $\Delta\lambda = \pm 50\%$ и графически определим максимальную интенсивность входящего потока требований (рисунок 1.2).

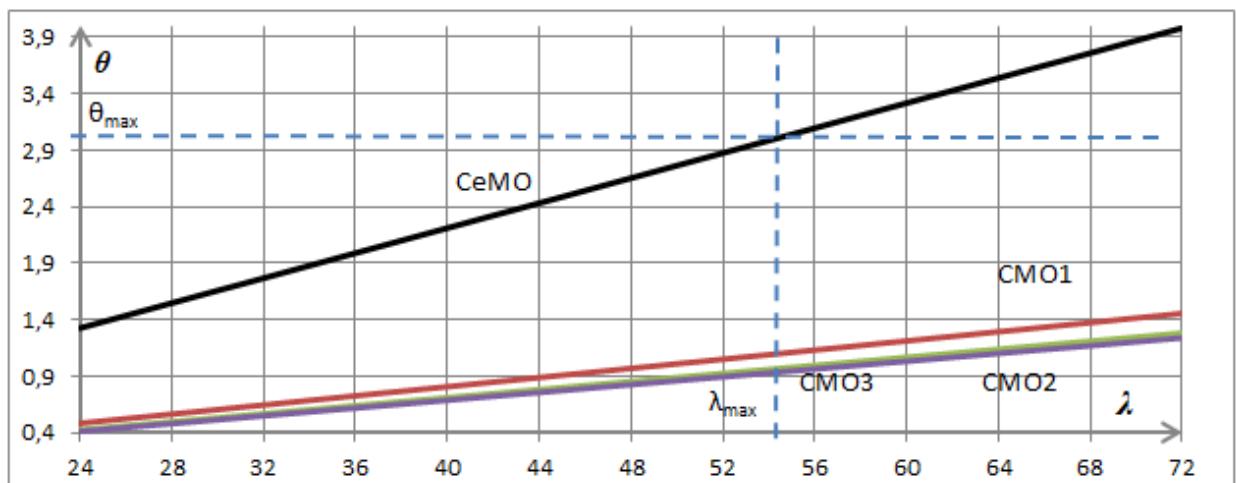


Рисунок 1.2 – Графики загрузки СеМО и СМО при $\Delta\lambda = \pm 50\%$

Таким образом, максимальный поток требований в сеть 54,5 тр./час.

При росте входящего потока, необходимо увеличение числа каналов обслуживания.

Построим графики загрузки СeМО при коэффициентах передачи $\alpha_2 = 0,1\dots1$ и $\alpha_3 = 0,1\dots1$ и графические определим их пороговые значения (рисунок 1.3).

Как видно из графиков, модель значительно реагирует на изменение коэффициента передачи. Минимальный коэффициент передачи с первого уровня на второй 0,4, максимальный со второго на третий – 1,5.

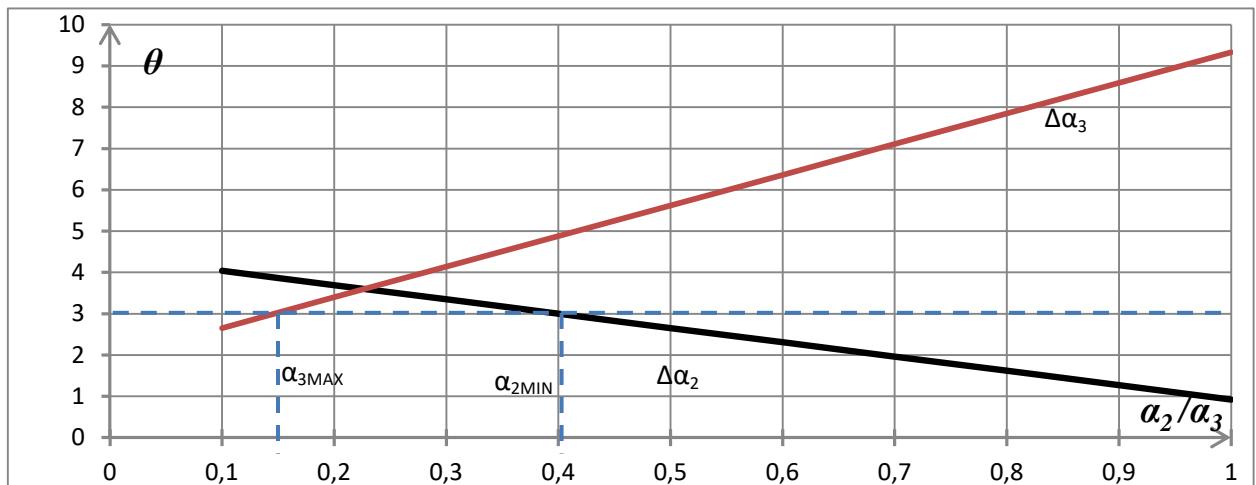


Рисунок 1.3 – Графики загрузки СeМО $\alpha_2 = 0,1\dots1$ и $\alpha_3 = 0,1\dots1$

2 Имитационная модель службы поддержки пользователей ИС

Имитационное моделирование модели произведем на языке GPSS в пакете GPSS World.

Схема объекта моделирования представлена на рисунке 1.1.

Как и в процессе математического моделирования, каждый узел будем моделировать отдельно, поскольку при прохождении требования в сети каждый узел является не этапом обработки, а этапом отбора требования. Факторами отбора являются области задач каждого из уровней. Классы

входящих потоков каждого из узлов различны, и не оказывают влияние на процесс обработки требований в другом узле.

Моделирование осуществляем при 100 000 требований всех классов.

Модель СМО1:

```

Uzel_1 STORAGE 130; задание числа приборов в узле 1
* модуль 1: поступление и обслуживание заявок класса 1 в узле 1
GENERATE (Exponential(10,0,.04)),,,1; формирование потока заявок класса 1
QUEUE QUz1_k1; момент поступления заявок класса 1 в очередь узла 1
ENTER Uzel_1; попытка занять один из приборов узла 1
DEPART QUz1_k1; момент покидания очереди узла 1
ADVANCE (Exponential(50,0,.25)); задержка (обслуживание) в узле 1
LEAVE Uzel_1; выход обслуженной заявки из узла 1
TERMINATE 1; удаление из модели (Семо) обслуженной заявки класса 1
GENERATE (Exponential(10,0,.04)); формирование потока заявок класса 2
QUEUE QUz1_k10; момент поступления заявок класса 2 в очередь узла 1
ENTER Uzel_1; попытка занять один из приборов узла 1
DEPART QUz1_k10; момент покидания очереди узла 1
ADVANCE (Exponential(50,0,0.5)); задержка (обслуживание) в узле 1
LEAVE Uzel_1; выход обслуженной заявки из узла 1
TERMINATE 1; удаление из модели (Семо) обслуженной заявки класса 2

```

Результаты моделирования представлены на рисунке 2.1.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY			
QUz1_k10	833	652	50383	846	8.626	0.423	0.703	0			
QUz1_k1	14	0	50398	803	0.299	0.040	0.041	0			
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY	
UZEL_1	130	0	0	130	100	130	1	129.682	0.998	0	651

Рисунок 2.1 – результаты моделирования СМО1

Коэффициент загрузки СМО1 $\theta = 0,998$

Средне время пребывания в очереди требований класса 1:

$$W_{q1}^{\text{CMO1}} = 0,040$$

Средне время пребывания в очереди требований класса 2:

$$W_{q2}^{\text{CMO1}} = 0,423$$

Средняя длина очереди требований класса 1:

$$L_{q1}^{\text{CMO1}} = 0,299$$

Средняя длина очереди требований класса 2:

$$L_{q2}^{\text{CMO1}} = 8,626$$

Модель СМО2:

Uzel_2 STORAGE 85; задание числа приборов в узле 2
* модуль 1: поступление и обслуживание заявок класса 1 в узле 2
GENERATE (Exponential(10,0,.167)),,,4; формирование потока заявок класса 1
QUEUE QUz2_k1; момент поступления заявок класса 1 в очередь узла 2
ENTER Uzel_2; попытка занять один из приборов узла 2
DEPART QUz2_k1; момент покидания очереди узла 2
ADVANCE (Exponential(50,0,2)); задержка (обслуживание) в узле 2
LEAVE Uzel_2; выход обслуженной заявки из узла 2
TERMINATE 1; удаление из модели (СeМО) обслуженной заявки класса 1
* модуль 2: поступление и обслуживание заявок класса 2 в узле 2
GENERATE (Exponential(10,0,.125)),,,3; формирование потока заявок класса 2
QUEUE QUz2_k2; момент поступления заявок класса 2 в очередь узла 2
ENTER Uzel_2; попытка занять один из приборов узла 2
DEPART QUz2_k2; момент покидания очереди узла 2
ADVANCE (Exponential(50,0,3.03)); задержка (обслуживание) в узле 2
LEAVE Uzel_2; выход обслуженной заявки из узла 2
TERMINATE 1; удаление из модели (СeМО) обслуженной заявки класса 2
* модуль 3: поступление и обслуживание заявок класса 3 в узле 2
GENERATE (Exponential(10,0,.125)),,,2; формирование потока заявок класса 3
QUEUE QUz2_k3; момент поступления заявок класса 3 в очередь узла 2
ENTER Uzel_2; попытка занять один из приборов узла 2
DEPART QUz2_k3; момент покидания очереди узла 2
ADVANCE (Exponential(50,0,3.448)); задержка (обслуживание) в узле 2
LEAVE Uzel_2; выход обслуженной заявки из узла 2
TERMINATE 1; удаление из модели (СeМО) обслуженной заявки класса 3
* модуль 4: поступление и обслуживание заявок класса 4 в узле 3
GENERATE (Exponential(10,0,1)),,,1; формирование потока заявок класса 4
QUEUE QUz2_k4; момент поступления заявок класса 4 в очередь узла 2
ENTER Uzel_2; попытка занять один из приборов узла 2
DEPART QUz2_k4; момент покидания очереди узла 2
ADVANCE (Exponential(50,0,4)); задержка (обслуживание) в узле 2
LEAVE Uzel_2; выход обслуженной заявки из узла 2
TERMINATE 1; удаление из модели (СeМО) обслуженной заявки класса 4
* модуль 5: поступление и обслуживание заявок класса 5 в узле 2
GENERATE (Exponential(10,0,1)); формирование потока заявок класса 5
QUEUE QUz2_k5; момент поступления заявок класса 5 в очередь узла 2
ENTER Uzel_2; попытка занять один из приборов узла 2
DEPART QUz2_k5; момент покидания очереди узла 2
ADVANCE (Exponential(50,0,4.555)); задержка (обслуживание) в узле 2
LEAVE Uzel_2; выход обслуженной заявки из узла 2
TERMINATE 1; удаление из модели (СeМО) обслуженной заявки класса 5

Результаты моделирования представлены на рисунке 2.2.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
QUZ2_K2	8	0	16652	15008	0.267	0.038	0.185	0
QUZ2_K3	17	0	16637	14939	0.908	0.126	0.554	0
QUZ2_K1	5	0	12629	11415	0.124	0.014	0.072	0
QUZ2_K4	6	0	2117	1919	0.351	0.350	0.832	0
QUZ2_K5	13	0	2045	1838	0.594	0.546	0.948	0
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.
UZEL_2	85	5	0	85	50080	1	72.572	0.854
							0	0

Рисунок 2.2 – результаты моделирования СМО2

Коэффициент загрузки СМО2 $\theta = 0,854$

Средне время пребывания в очереди требований:

$$W_{q1}^{\text{CMO2}} = 0,014 \quad W_{q2}^{\text{CMO2}} = 0,038 \quad W_{q3}^{\text{CMO2}} = 0,126$$

$$W_{q4}^{\text{CMO2}} = 0,350 \quad W_{q5}^{\text{CMO2}} = 0,546$$

Средняя длина очереди требований:

$$L_{q1}^{\text{CMO2}} = 0,124 \quad L_{q2}^{\text{CMO2}} = 0,267 \quad L_{q3}^{\text{CMO2}} = 0,908$$

$$L_{q4}^{\text{CMO2}} = 0,351 \quad L_{q5}^{\text{CMO2}} = 0,594$$

Модель СМО3:

Uzel_3 STORAGE 10; задание числа приборов в узле 3

* модуль 1: поступление и обслуживание заявок класса 1 в узле 3

GENERATE (Exponential(10,0,2)); формирование потока заявок класса 1

QUEUE QUz3_k1; момент поступления заявок класса 1 в очередь узла 3

ENTER Uzel_3; попытка занять один из приборов узла 3

DEPART QUz3_k1; момент покидания очереди узла 3

ADVANCE (Exponential(50,0,4)); задержка (обслуживание) в узле 3

LEAVE Uzel_3; выход обслуженной заявки из узла 3

TERMINATE 1; удаление из модели (СеМО) обслуженной заявки класса 1

* модуль 2: поступление и обслуживание заявок класса 2 в узле 3

GENERATE (Exponential(10,0,1.538)); формирование потока заявок класса 2

QUEUE QUz3_k2; момент поступления заявок класса 2 в очередь узла 3

ENTER Uzel_3; попытка занять один из приборов узла 3

DEPART QUz3_k2; момент покидания очереди узла 3

ADVANCE (Exponential(50,0,5.88)); задержка (обслуживание) в узле 3

LEAVE Uzel_3; выход обслуженной заявки из узла 3

TERMINATE 1; удаление из модели (СеМО) обслуженной заявки класса 2

* модуль 3: поступление и обслуживание заявок класса 3 в узле 3

GENERATE (Exponential(10,0,0.8)); формирование потока заявок класса 3

QUEUE QUz3_k3; момент поступления заявок класса 3 в очередь узла 3

ENTER Uzel_3; попытка занять один из приборов узла 3

DEPART QUz3_k3; момент покидания очереди узла 3

ADVANCE (Exponential(50,0,2)); задержка (обслуживание) в узле 3

LEAVE Uzel_3; выход обслуженной заявки из узла 3

TERMINATE 1; удаление из модели (СеМО) обслуженной заявки класса 3

Результаты моделирования представлены на рисунке 2.3.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
QU23_K3	20	8	2603	1353	0.346	0.328	0.332	0
QU23_K2	9	6	1364	667	0.043	0.093	0.044	0
QU23_K1	9	2	1058	535	0.014	0.023	0.070	0
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.
UZEL_3	10	0	0	10	5010	1	8.297	0.830
							0	15

Рисунок 2.3 – результаты моделирования СМО3

Коэффициент загрузки СМО3 $\theta = 0,830$

Средне время пребывания в очереди требований:

$$W_{q1}^{\text{CMO3}} = 0,023 \quad W_{q2}^{\text{CMO3}} = 0,093 \quad W_{q3}^{\text{CMO3}} = 0,328$$

Средняя длина очереди требований:

$$L_{q1}^{\text{CMO3}} = 0,014 \quad L_{q2}^{\text{CMO3}} = 0,043 \quad L_{q3}^{\text{CMO3}} = 0,346$$

Остальные параметры модели рассчитаем по формулам 12 – 17.

Результаты моделирования представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Узловые характеристики РСеМО

Показатель	СМО1	СМО2	СМО3
1	2	3	4
θ	0,998	0,854	0,830
W_{q1}	0,040	0,014	0,023
W_{q2}	0,423	0,038	0,093
W_{q3}	–	0,126	0,328
W_{q4}	–	0,350	–
W_{q5}	–	0,546	–
L_{q1}	0,299	0,124	0,014
L_{q2}	8,626	0,267	0,043
L_{q3}	–	0,908	0,346

Lq_4	–	0,351	–
Lq_5	–	0,594	–
Ws_1	0,290	2,014	4,023
Ws_2	5,423	3,068	5,975
Ws_3	–	3,574	2,328
Ws_4	–	4,350	–
Ws_5	–	5,091	–
Ls_1	6,299	12,12	2,014
Ls_2	128,6	24,47	3,943
Ls_3	–	28,51	2,846
Ls_4	–	4,351	–
Ls_5	–	5,194	–
Lq	8,925	2,244	0,403
Wq	0,185	0,094	0,168
Ls	135,2	74,94	8,703
Ws	2,818	3,124	3,616

Рассчитаем сетевые характеристики имитационной модели и сравним их с результатами математического моделирования (таблица 7).

Таблица 7 – Сетевые характеристики РСеМО

Показатель	Математическая модель	Имитационная модель	Отклонение, %
θ_{CeMO}	2,655	2,682	1,017
Lq_{CeMO}	11,09	11,57	4,328
Wq_{CeMO}	0,231	0,241	4,329
Ls_{CeMO}	218,4	218,9	0,229
Ws_{CeMO}	4,550	4,560	0,219

Относительная погрешность полученных результатов не превышает 5%, таким образом, полученные модели адекватны друг другу.

3 Задание на лабораторные и практические работы

Выполнить моделирование информационной системы как СМО.

В качестве задания на практические работы выполнить аналитическое моделирование. В качестве задания на лабораторные работы выполнить имитационное моделирование. Сравнить результаты. Отчет по практике должен содержать: задание на работу, граф системы, необходимые формулы, результаты расчетов, выводы. Отчет по лабораторным работам должен содержать: задание, текст программы на GPSS, результаты моделирования и результаты сравнения аналитической модели и имитационной. Варианты заданий приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Варианты заданий

Вариант	Количество каналов в каждой СМО, m	Интенсивность входных потоков, λ_0	Средние длительности обслуживания требований в СМО, b , час/тр.
1	120/85/10	40	2,6/3,0/4,0
2	121/85/10	41	2,6/3,0/4,1
3	122/85/10	42	2,6/3,0/4,2
4	123/85/10	43	2,6/3,0/4,3
5	124/85/10	44	2,6/3,0/4,4
6	125/85/10	45	2,6/3,0/4,5
7	126/85/10	46	2,6/3,0/4,6
8	127/85/10	47	2,6/3,0/4,7
9	128/85/10	49	2,6/3,0/4,8
0	129/85/10	50	2,6/3,0/4,9