

## Имитационное моделирование

### Лабораторная работа № 5

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

**Цель работы:** ознакомиться с классификацией СМО, функционированием простейшей одноканальной системой, ее моделированием и получением статистических характеристик исследуемого объекта моделирования.

### Задание

С помощью электронной таблицы Excel провести пошаговое моделирование простейшей одноканальной СМО с неограниченной однородной очередью на обслуживание и дисциплиной обслуживания FIFO, при этом интервалы поступления заявок на обслуживание и длительности их обслуживания дискретны и равномерно распределены в заданных интервалах.

Вариант №	Диапазон значений интервалов поступления заявки на обслуживание от минимального до максимального		Диапазон значений интервалов времени обслуживания заявки от минимального до максимального	
	A1	A2	B1	B2
	15	1	7	2

Промоделировать обслуживание 100 заявок и определить следующие характеристики исследуемой система массового обслуживания:

1. средний интервал поступления заявки на обслуживание, отклонение, дисперсию
2. среднее время обслуживания (интервал обслуживания), отклонение, дисперсию
3. минимальное и максимальное время обслуживания
4. среднее время ожидания обслуживания, отклонение и дисперсию
5. среднее время нахождения заявки в системе, отклонение и дисперсию
6. минимальная, максимальная и средняя длина очереди

## 7. необходимое время на обслуживание 100 заявок.

Системы, в которых, с одной стороны, возникают многочисленные запросы (требования) на выполнение каких-либо видов услуг, а с другой стороны, происходит выполнение этих услуг, являются **системами массового обслуживания**.

Процесс функционирования СМО включает в общем случае следующие этапы:

- 1) приход (поступление) требования;
- 2) ожидание (при необходимости) в очереди;
- 3) обслуживание в приборе;
- 4) уход требования в системе.

Опишем параметры системы массового обслуживания:

- 1) процесс поступления заявок в систему;

Пусть  $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots$  - моменты поступления в систему 1-го, 2-го, 3-го, ...,  $k$ -ого требований.

$t_k = t_k - t_{k-1}$  - промежуток времени между моментами прихода  $(k - 1)$ -го и  $k$ -го требований, который называется интервалом прихода  $k$ -го требования ( $k = 1, 2, 3, \dots$ ).

Если интервалы прихода всех заявок являются постоянными, то такой поток называется **детерминированным** или **регулярным**.

Если интервалы прихода  $t_k$  являются случайными величинами, то соответствующий поток заявок называется **стохастическим** или **регулярным**.

Интенсивность потока  $I(t)$  – среднее число заявок, поступающих в систему в единицу времени.

Если интенсивность поступления  $I(t)$  не зависит от текущего времени, то такой поток называется **стационарным**.

$\alpha = 1/l$  - среднее значение прихода или средний интервал поступления заявок.

Если в каждый момент времени поступает только одна заявка, то такой поток называется **ординарным**.

В дальнейшем рассматриваются только стационарные и ординарные потоки.

**Простейшим** называется поток, в котором интервалы поступления заявок распределены по экспоненциальному закону.

- 2) процесс обслуживания заявок в системе;

Переходите на сайт, смотрите больше примеров или закажите свою работу

[https://www.matburo.ru/sub\\_appear.php?p=imi](https://www.matburo.ru/sub_appear.php?p=imi)

©МатБюро. Решение задач по математике, экономике, программированию

Для описания процессов обслуживания необходимо задать функцию распределения  $B_k(t)$  длительности обслуживания для каждой  $k$ -й заявки ( $k = 1, 2, 3, \dots$ ), которая в общем случае является случайной величиной.

Длительность обслуживания  $t_{\text{в}}$  - промежуток времени, в течение которого заявка находится в обслуживающем приборе.

Интенсивность обслуживания  $m$  - среднее число заявок, обслуживаемых системой в единицу времени.

$b = 1/m$  - среднее время обслуживания одной заявки.

3) дисциплину обслуживания.

**Дисциплиной обслуживания** (ДО) называется правило, по которому выбираются на обслуживание заявки из очереди.

Различают следующие виды дисциплин обслуживания:

- 1) обслуживание в порядке поступления или дисциплина FIFO (первым пришел, первым ушел);
- 2) обслуживание в обратном порядке или дисциплина LIFO (последним пришел, первым ушел);
- 3) обслуживание в случайном порядке, когда заявка на обслуживание выбирается случайно среди ожидающих заявок.

В дальнейшем в качестве дисциплины обслуживания по умолчанию рассматривают вид FIFO.

Таким образом, для описания СМО необходимо знать:

- 1) функцию распределения  $A(t)$  интервалов поступления (общий случай) или интенсивность поступления  $l$  (или средний интервал  $\alpha = 1/l$ ) и коэффициент вариации  $n_{\alpha}$  интервалов поступления;
- 2) функцию распределения  $B(t)$  длительности обслуживания (общий случай) или интенсивность обслуживания  $m$  (или среднее время обслуживания  $b = 1/m$ ) и коэффициент вариации  $n_{\text{в}} = n$  времени обслуживания;
- 3) дисциплину обслуживания.

Основные показатели качества обслуживания:

- общее количество обслуженных заявок, за какой-либо промежуток времени;
- пропускная способность – среднее число заявок, обслуженных в единицу времени;
- доля обслуженных заявок;
- доля заявок, получивших отказ;

Лабораторная работа выполнена на сайте [www.matburo.ru](http://www.matburo.ru)

Переходите на сайт, смотрите больше примеров или закажите свою работу

[https://www.matburo.ru/sub\\_appear.php?p=imi](https://www.matburo.ru/sub_appear.php?p=imi)

©МатБюро. Решение задач по математике, экономике, программированию

- время пребывания заявки в системе (от момента поступления заявки в систему до момента завершения ее обслуживания);
- среднее время обслуживания (функция распределения времени обслуживания);
- средняя длина очереди;
- среднее время ожидания;
- загрузка каналов или коэффициент использования каналов (доля времени, в течение которого ОУ было занято, характеризует степень простоя ОУ).

Лабораторная работа выполнена на сайте [www.matburo.ru](http://www.matburo.ru)

Переходите на сайт, смотрите больше примеров или закажите свою работу

[https://www.matburo.ru/sub\\_appear.php?p=imi](https://www.matburo.ru/sub_appear.php?p=imi)

©МатБюро. Решение задач по математике, экономике, программированию

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ 1

№ покупателя	Время							Количество человек в очереди
	прихода	обслуживания	прихода покупателя (момент)	начала обслуживания = приход - окончание обл. пред. покупателя	конца обслуживания текущего покупателя	в магазине от прихода до конца обслуживания	простоя продавца	
1		5	0	0	5	5	0	0
2	2	7	2	2	9	7	0	1
3	3	3	5	9	12	7	0	1
4	1	9	6	12	21	15	0	2
5	1	3	7	21	24	17	0	3
6	6	3	13	24	27	14	0	2
7	4	6	17	27	33	16	0	3
8	4	8	21	33	41	20	0	3
9	4	8	25	41	49	24	0	2
10	2	4	27	49	53	26	0	3
11	7	4	34	53	57	23	0	3
12	4	8	38	57	65	27	0	4
13	3	5	41	65	70	29	0	3
14	6	8	47	70	78	31	0	5

Лабораторная работа выполнена на сайте [www.matburo.ru](http://www.matburo.ru)

Переходите на сайт, смотрите больше примеров или закажите свою работу

[https://www.matburo.ru/sub\\_appear.php?p=imi](https://www.matburo.ru/sub_appear.php?p=imi)

©МатБюро. Решение задач по математике, экономике, программированию

15	1	9	48	78	87	39	0	6
16	2	4	50	87	91	41	0	6
17	5	6	55	91	97	42	0	6
18	4	5	59	97	102	43	0	7
19	1	8	60	102	110	50	0	7
20	3	7	63	110	117	54	0	8
21	4	3	67	117	120	53	0	8
22	1	9	68	120	129	61	0	8
23	7	4	75	129	133	58	0	8
24	7	2	82	133	135	53	0	9
25	6	3	88	135	138	50	0	9
26	1	3	89	138	141	52	0	9
27	2	8	91	141	149	58	0	9
28	7	8	98	149	157	59	0	10
29	2	6	100	157	163	63	0	11
30	2	5	102	163	168	66	0	11
31	6	8	108	168	176	68	0	12
32	4	4	112	176	180	68	0	12
33	5	7	117	180	187	70	0	12
34	1	3	118	187	190	72	0	13
35	1	5	119	190	195	76	0	14
36	6	8	125	195	203	78	0	14
37	1	5	126	203	208	82	0	15
38	7	5	133	208	213	80	0	14

Лабораторная работа выполнена на сайте [www.matburo.ru](http://www.matburo.ru)

Переходите на сайт, смотрите больше примеров или закажите свою работу

[https://www.matburo.ru/sub\\_appear.php?p=imi](https://www.matburo.ru/sub_appear.php?p=imi)

©МатБюро. Решение задач по математике, экономике, программированию

39	3	8	136	213	221	85	0	14
40	7	8	143	221	229	86	0	13
41	7	5	150	229	234	84	0	13
42	7	6	157	234	240	83	0	13
43	6	2	163	240	242	79	0	13
44	3	2	166	242	244	78	0	14
45	6	9	172	244	253	81	0	14
46	4	8	176	253	261	85	0	14
47	2	9	178	261	270	92	0	15
48	3	9	181	270	279	98	0	15
49	4	8	185	279	287	102	0	16
50	4	8	189	287	295	106	0	16
51	7	5	196	295	300	104	0	15
52	5	8	201	300	308	107	0	16
53	6	9	207	308	317	110	0	16
54	3	8	210	317	325	115	0	16
55	2	5	212	325	330	118	0	17
56	6	3	218	330	333	115	0	17
57	7	6	225	333	339	114	0	17
58	5	8	230	339	347	117	0	17
59	2	9	232	347	356	124	0	18
60	3	4	235	356	360	125	0	18
61	2	4	237	360	364	127	0	19
62	2	4	239	364	368	129	0	20

Лабораторная работа выполнена на сайте [www.matburo.ru](http://www.matburo.ru)

Переходите на сайт, смотрите больше примеров или закажите свою работу

[https://www.matburo.ru/sub\\_appear.php?p=imi](https://www.matburo.ru/sub_appear.php?p=imi)

©МатБюро. Решение задач по математике, экономике, программированию

63	2	9	241	368	377	136	0	20
64	4	9	245	377	386	141	0	19
65	6	8	251	386	394	143	0	20
66	7	8	258	394	402	144	0	20
67	3	3	261	402	405	144	0	20
68	4	8	265	405	413	148	0	21
69	5	4	270	413	417	147	0	21
70	7	4	277	417	421	144	0	22
71	7	8	284	421	429	145	0	22
72	2	5	286	429	434	148	0	23
73	7	3	293	434	437	144	0	23
74	6	9	299	437	446	147	0	23
75	3	6	302	446	452	150	0	23
76	2	2	304	452	454	150	0	24
77	1	4	305	454	458	153	0	25
78	3	3	308	458	461	153	0	26
79	6	3	314	461	464	150	0	26
80	3	2	317	464	466	149	0	26
81	2	7	319	466	473	154	0	27
82	5	2	324	473	475	151	0	28
83	3	9	327	475	484	157	0	29
84	1	2	328	484	486	158	0	30
85	4	7	332	486	493	161	0	29
86	4	8	336	493	501	165	0	29



Лабораторная работа выполнена на сайте [www.matburo.ru](http://www.matburo.ru)

Переходите на сайт, смотрите больше примеров или закажите свою работу

[https://www.matburo.ru/sub\\_appear.php?p=imi](https://www.matburo.ru/sub_appear.php?p=imi)

©МатБюро. Решение задач по математике, экономике, программированию

<b>87</b>	1	7	337	501	508	171	0	30
<b>88</b>	4	2	341	508	510	169	0	30
<b>89</b>	3	3	344	510	513	169	0	31
<b>90</b>	1	5	345	513	518	173	0	32
<b>91</b>	6	8	351	518	526	175	0	32
<b>92</b>	4	6	355	526	532	177	0	32
<b>93</b>	4	8	359	532	540	181	0	33
<b>94</b>	7	2	366	540	542	176	0	32
<b>95</b>	4	4	370	542	546	176	0	32
<b>96</b>	6	9	376	546	555	179	0	33
<b>97</b>	7	6	383	555	561	178	0	33
<b>98</b>	5	7	388	561	568	180	0	33
<b>99</b>	3	6	391	568	574	183	0	34
<b>100</b>	7	4	398	574	578	180	0	34
<b>Итого</b>			-	-		10210	0	1676

Переходите на сайт, смотрите больше примеров или закажите свою работу

[https://www.matburo.ru/sub\\_appear.php?p=imi](https://www.matburo.ru/sub_appear.php?p=imi)

©МатБюро. Решение задач по математике, экономике, программированию

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

	Эксперимент 1	Эксперимент 2	Эксперимент 3
Средний интервал поступления заявки на обслуживание	4	4	4
отклонение	2,04	1,97	1,89
дисперсия	4,16	3,88	3,58
Среднее время обслуживания	5,81	5,92	5,78
отклонение	2,34	2,01	2,21
дисперсия	5,47	4,05	4,90
Минимальное время обслуживания	2	2	2
Максимальное время обслуживания	9	9	9
Среднее время ожидания обслуживания	96	93	97
отклонение	53,6	58,4	55,7
дисперсия	2872,9	3406,5	3104,2
Среднее время нахождения заявки в системе	102,1	98,48	102,3
отклонение	53,48	58,41	55,88
дисперсия	2860,13	3411,48	3123,00
Минимальная длина очереди	1	0	0
Максимальная длина очереди	34	34	34

Лабораторная работа выполнена на сайте [www.matburo.ru](http://www.matburo.ru)

Переходите на сайт, смотрите больше примеров или закажите свою работу

[https://www.matburo.ru/sub\\_appear.php?p=imi](https://www.matburo.ru/sub_appear.php?p=imi)

©МатБюро. Решение задач по математике, экономике, программированию

Средняя длина очереди	17	16	17
Необходимое время на обслуживание 100 заявок	578	591	580

**Выводы:** проведение трех экспериментов дало примерно одинаковые результаты по всем рассчитанным характеристикам рассматриваемой системы массового обслуживания. Анализ этих характеристик показывает, что система перегружена. Увеличение количества поступающих заявок приводит к возрастанию очереди на обслуживание, и как следствие, возрастанию времени ожидания обслуживания и времени нахождения в системе.