

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

КАФЕДРА Вычислительной техники Группа Р3311

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Моделирование»
на тему «Моделирование дискретных систем»

Авторы: Романов О.А.
(Фамилия, И.О.)

Руководитель: _____
(Фамилия, И.О., ученое звание, степень)

Курсовая работа выполнена с оценкой: _____

Дата защиты курсовой работы: _____

г. Санкт-Петербург
2017

Оглавление

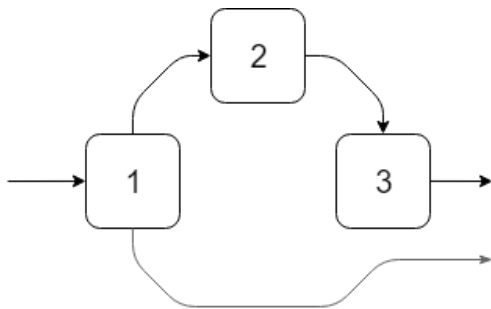
Введение.....	3
Этап 1. Выбор объекта исследования и разработка концептуальной модели.....	4
Этап 2. Разработка моделей.....	5
Этап 3. Проведение экспериментов на моделях.....	6
Этап 4. Обработка и анализ результатов моделирования.....	12
Этап 5. Модернизация системы с заданными свойствами.....	13
Заключение.....	14

Введение

В данной работе проводится исследование и оптимизация модели, основанной на системе магазина строительных материалов. Также проводится детальный анализ принципов структурной организации и функционирования данной системы. Моделирование происходит в средах GPSS World и AnyLogic. Происходит поиск и устранение “узкого места” системы. Сравниваются характеристики до и после модернизации системы, каких улучшений мы достигаем в случае оптимизации.

Этап 1

Выбор объекта исследования и разработка концептуальной модели



Объект моделирования - магазин строительных материалов города Санкт-Петербурга.

Поток заявок однородный, каждый транзакт представляет собой клиента магазина.

Предложенная нами реальная система обслуживания с использованием предположений и допущений была представлена в виде СеМО с 3 узлами.

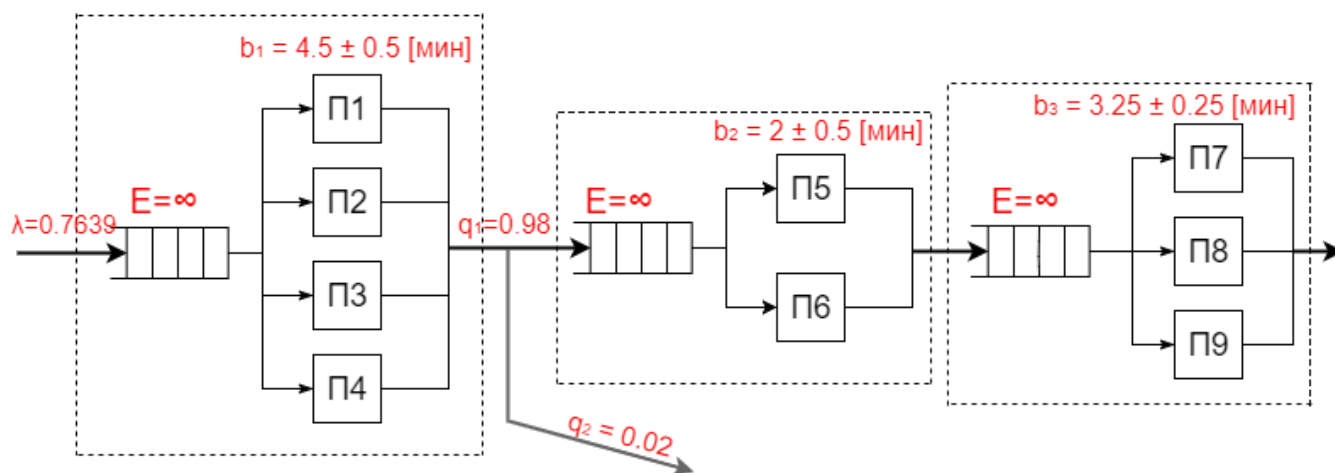
Описание узлов модели магазина строительных материалов

1. Проверка наличия товара на складе и оформление заказа клиента
2. Оплата заказа клиентом
3. Получение товара на складе

Допущения и предположения, принятые в системе, описание исходных параметров системы

1. Равенство количества прибывающих и убывающих заявок
2. Интенсивность поступления заявок распределена по экспоненциальному закону
3. Расчетное время моделирования – 1 рабочий день (12 часов)
4. Количество окон оформления заказа - 4
5. Время оформления заказа - от 4 до 5 минут с равной вероятностью
6. Вероятности попадания клиента к любому окну оформления заказов равны
7. Количество окон оплаты заказа – 2
8. Среднее время оплаты заказа - от 1.5 до 2.5 минут с равной вероятностью
9. Вероятности попадания клиента к любому окну оплаты заказов равны
10. Количество окон выдачи заказа – 3
11. Среднее время выдачи заказа – от 3 до 3.5 минут с равной вероятностью
12. Вероятности попадания клиента к любому окну выдачи заказов равны
13. Кол-во клиентов, поступающих в систему, за день - 550 человек
14. Если товара нет в наличии, то клиент уходит из системы (в частности из 1 узла). Вероятность ухода клиента – 0.02
15. Если клиент оплатил заказ, то он в любом случае идет получать заказ (из 2 узла в 3 узел)
16. После получения заказа клиент в любом случае покидает систему (если клиент решил оформить еще один заказ, то будем считать его новым клиентом)

Схема моделирования



Этап 2

Листинг программы GPSS

```

T1      TABLE      ST$uzel1_regist,0.1,0.1,50
T2      TABLE      SR$uzel1_regist,0.1,0.1,50

T3      TABLE      ST$uzel2_pay,0.1,0.1,50
T4      TABLE      SR$uzel2_pay,0.1,0.1,50

T5      TABLE      ST$uzel3_pick_up,0.1,0.1,50
T6      TABLE      SR$uzel3_pick_up,0.1,0.1,50

uzel1_regist      STORAGE 4;
uzel2_pay         STORAGE 2;
uzel3_pick_up     STORAGE 3;

*****
START          550
GENERATE       (Exponential(49,0,1.309090)),,,550

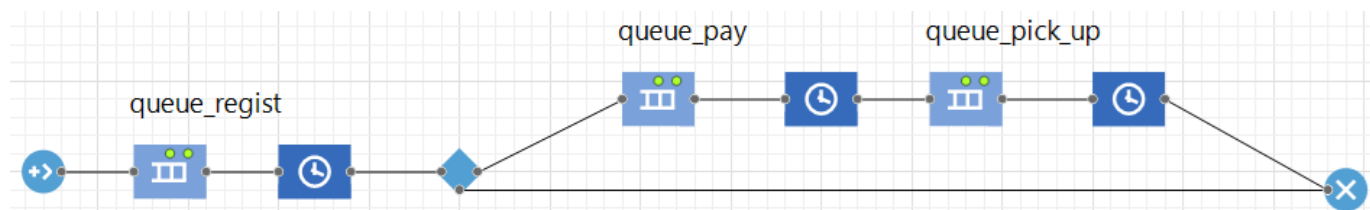
Regist         QUEUE queue_regist
               ENTER uzel1_regist
               DEPART queue_regist
               ADVANCE (Uniform(49,4,5))
               TABULATE T1
               LEAVE uzel1_regist
               TRANSFER .02,,Leave_system

Pay            QUEUE queue_pay
               ENTER uzel2_pay
               DEPART queue_pay
               ADVANCE (Uniform(49,1.5,2.5))
               TABULATE T2
               LEAVE uzel2_pay

Pick_up        QUEUE queue_pick_up
               ENTER uzel3_pick_up
               DEPART queue_pick_up
               ADVANCE (Uniform(49,3,3.5))
               TABULATE T3
               LEAVE uzel3_pick_up

Leave_system    TERMINATE 1
    
```

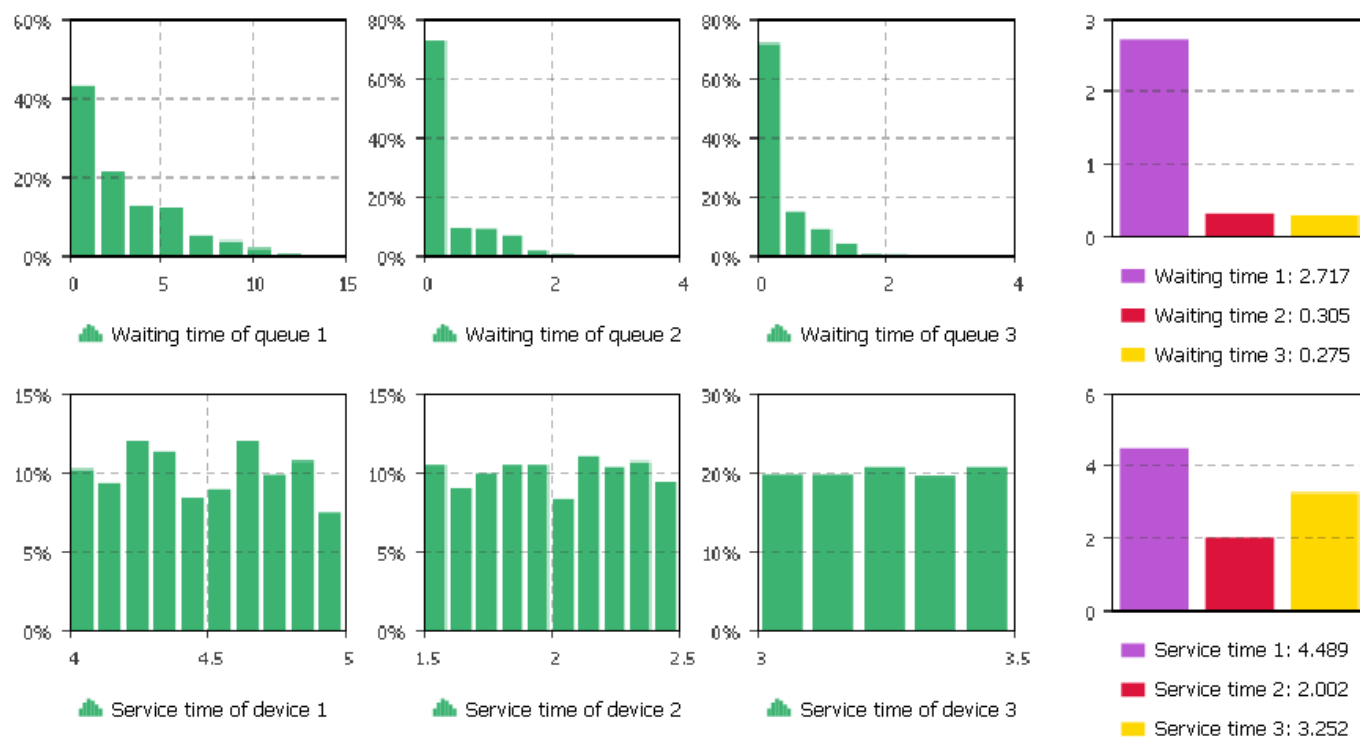
Модель, построенная в AnyLogic

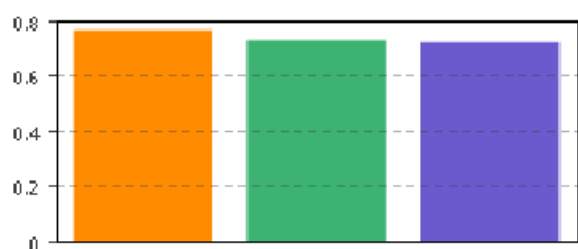


Этап 3

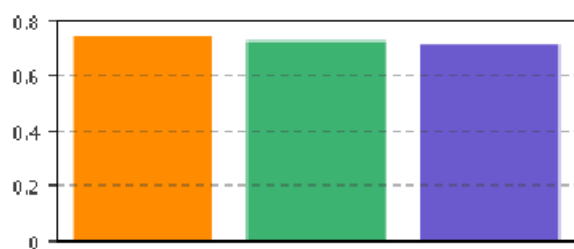
Результаты имитационного моделирования

Характеристики СеМО	Разомкнутая СеМО		
	Узел 1	Узел 2	Узел 3
Загрузка	0,862	0,73	0,782
Длина очереди	2,141	0,236	0,213
Число заявок	550	544	544
Время ожидания	2,717	0,305	0,275
Время пребывания	7,206	2,307	3,527
Производительность	0,766	0,73	0,722

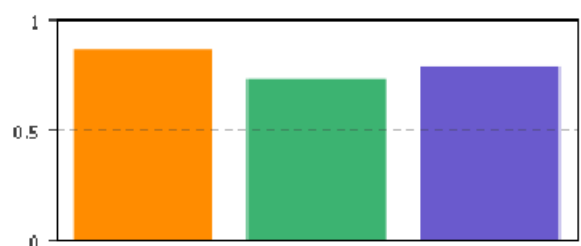




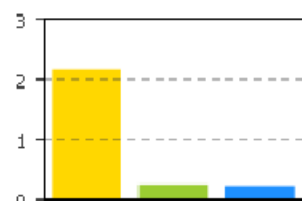
Интенсивность входного потока в 1 узел: 0.766
 Интенсивность входного потока во 2 узел: 0.73
 Интенсивность входного потока в 3 узел: 0.722



Интенсивность выходного потока из 1 узла: 0.742
 Интенсивность выходного потока из 2 узла: 0.723
 Интенсивность выходного потока из 3 узла: 0.711



Загрузка 1 узла: 0.862
 Загрузка 2 узла: 0.73
 Загрузка 3 узла: 0.782



Mean queue 1 size: 2.141
 Mean queue 2 size: 0.236
 Mean queue 3 size: 0.213

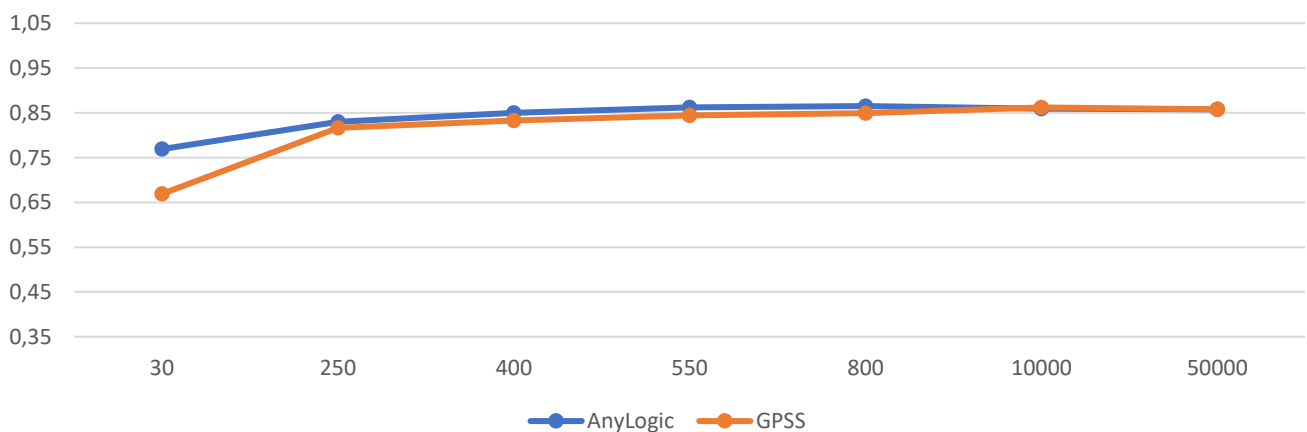
Значения характеристик системы при различном числе транзактов (AnyLogic)

Число транзактов	30	250	400	550	800	10000	50000
Загрузка Уз. 1	0,769	0,83	0,85	0,862	0,865	0,859	0,858
Число заявок Уз. 1	30	250	400	550	800	10000	50000
Время ожидания Уз. 1	1,68	2,14	3,24	2,72	2,13	2,87	2,86
Время пребывания Уз. 1	6,18	6,63	7,72	7,21	6,63	7,47	7,46
Загрузка Уз. 2	0,462	0,679	0,713	0,73	0,74	0,748	0,748
Число заявок Уз. 2	29	247	395	544	791	9810	48989
Время ожидания Уз. 2	0,24	0,30	0,34	0,31	0,27	0,25	0,26
Время пребывания Уз. 2	2,24	2,30	2,34	2,31	2,27	2,25	2,27
Загрузка Уз. 3	0,462	0,721	0,761	0,782	0,795	0,809	0,81
Число заявок Уз. 3	29	247	395	544	791	9810	48989
Время ожидания Уз. 3	0,17	0,28	0,31	0,28	0,24	0,22	0,22
Время пребывания Уз. 3	3,41	3,53	3,56	3,53	3,49	3,47	3,48
Время пребывания в СеМО	11,83	12,46	13,62	13,05	12,39	13,19	13,21

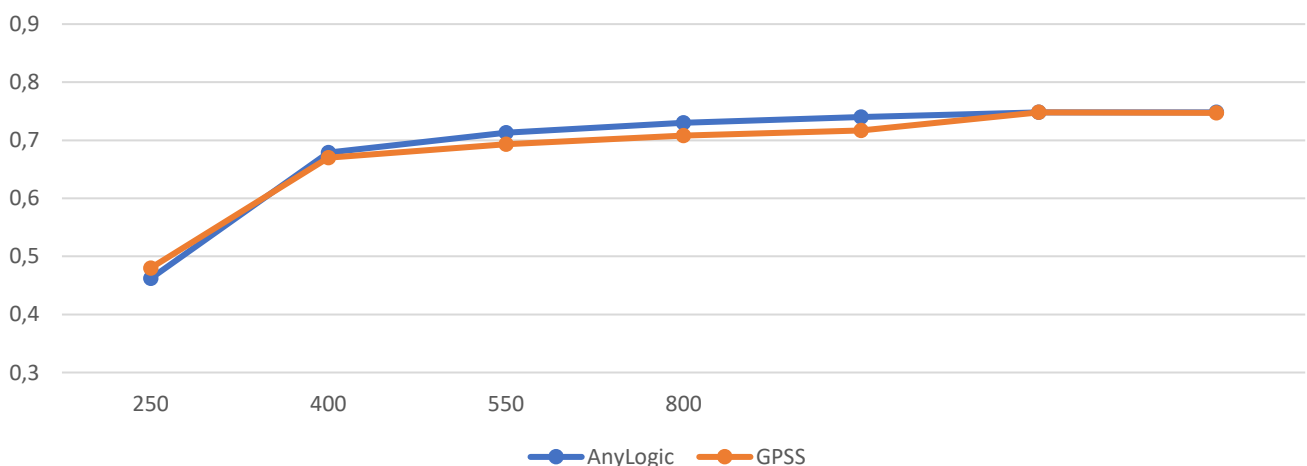
Значения характеристик системы при различном числе транзактов (GPSS)

Число транзактов	30	250	400	550	800	10000	50000
Загрузка Уз. 1	0,669	0,816	0,833	0,844	0,849	0,862	0,858
Число заявок Уз. 1	30	250	400	550	800	10000	50000
Время ожидания Уз. 1	0,60	1,73	2,75	2,28	2,15	2,78	2,74
Время пребывания Уз. 1	4,55	6,21	7,17	6,72	6,61	7,27	7,24
Загрузка Уз. 2	0,480	0,670	0,693	0,708	0,721	0,748	0,747
Число заявок Уз. 2	29	241	387	536	774	9783	48979
Время ожидания Уз. 2	0,14	0,24	0,23	0,23	0,22	0,26	0,26
Время пребывания Уз. 2	1,94	2,19	2,20	2,21	2,20	2,26	2,26
Загрузка Уз. 3	0,500	0,715	0,742	0,760	0,777	0,809	0,810
Число заявок Уз. 3	29	241	387	536	774	9783	48979
Время ожидания Уз. 3	0,07	0,16	0,18	0,18	0,20	0,22	0,22
Время пребывания Уз. 3	3,06	3,35	3,39	3,40	3,43	3,47	3,47
Время пребывания в СеМО	9,55	11,75	12,76	12,33	12,24	13,00	12,97

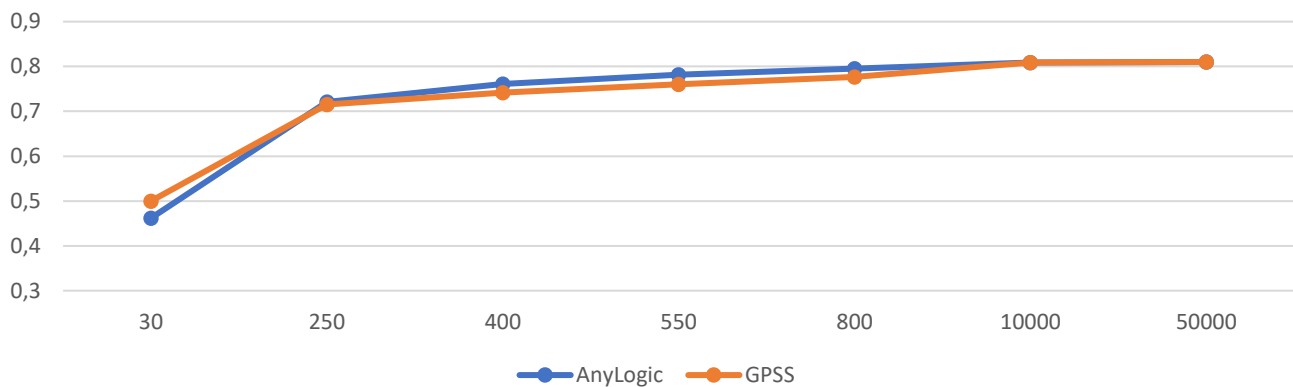
Зависимость загрузки 1 узла от кол-ва заявок



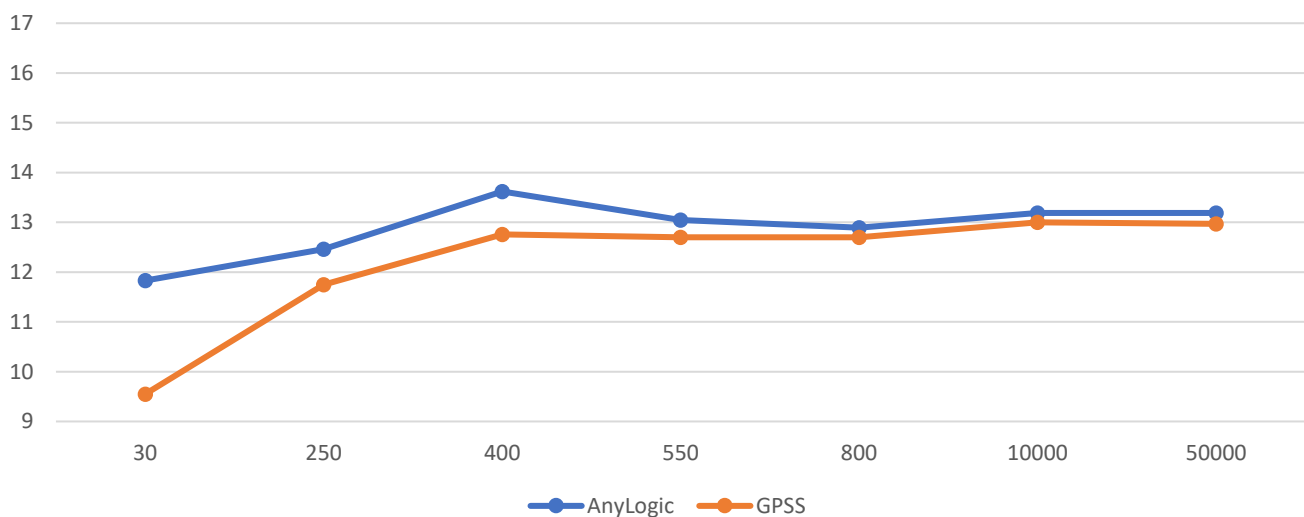
Зависимость загрузки 2 узла от кол-ва заявок



Зависимость загрузки 3 узла от кол-ва заявок



Зависимость ср. времени пребывания в системе от кол-ва заявок



По графикам можно заметить, что система ведет себя устойчиво, начиная с 10000 транзактов, при интенсивности $\lambda_0 = 1.30909 \left[\frac{1}{\text{мин.}} \right]$.

Для статистически устойчивого результата характеристик системы при 10000 транзактов проведём исследование в диапазоне интенсивности поступления заявок от 0,64 до 0,76 при тех же параметрах РСМО и узлов.

Значения характеристик системы при различной интенсивности (AnyLogic)

Интенсивность вх. потока	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76
Загрузка Уз. 1	0,71	0,753	0,787	0,822	0,851
Число заявок Уз. 1	10000	10000	10000	10000	10000
Время ожидания Уз. 1	1,04	1,27	1,56	2,49	2,62
Время пребывания Уз. 1	5,54	5,77	6,06	7,00	7,12
Загрузка Уз. 2	0,618	0,655	0,686	0,715	0,739
Число заявок Уз. 2	9783	9783	9783	9783	9783
Время ожидания Уз. 2	0,19	0,22	0,22	0,24	0,25
Время пребывания Уз. 2	2,19	2,22	2,22	2,24	2,25
Загрузка Уз. 3	0,669	0,709	0,742	0,774	0,799
Число заявок Уз. 3	9783	9783	9783	9783	9783
Время ожидания Уз. 3	0,15	0,16	0,17	0,20	0,20
Время пребывания Уз. 3	3,40	3,41	3,42	3,45	3,45
Время пребывания в СеМО	11,13	11,40	11,70	12,69	12,82

Значения характеристик системы при различной интенсивности (GPSS)

Интенсивность вх. потока	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76
Загрузка Уз. 1	0,727	0,742	0,781	0,831	0,853
Число заявок Уз. 1	10000	10000	10000	10000	10000
Время ожидания Уз. 1	0,96	1,11	1,35	2,27	2,43
Время пребывания Уз. 1	5,45	5,51	5,84	6,76	6,92
Загрузка Уз. 2	0,630	0,642	0,675	0,719	0,739
Число заявок Уз. 2	9783	9783	9783	9783	9783
Время ожидания Уз. 2	0,21	0,23	0,24	0,26	0,24
Время пребывания Уз. 2	2,21	2,23	2,23	2,26	2,24
Загрузка Уз. 3	0,683	0,696	0,733	0,778	0,800
Число заявок Уз. 3	9783	9783	9783	9783	9783
Время ожидания Уз. 3	0,15	0,16	0,18	0,21	0,21
Время пребывания Уз. 3	3,40	3,41	3,43	3,45	3,46
Время пребывания в СеМО	11,06	11,15	11,50	12,47	12,62

График зависимости загрузки 1 узла от интенсивности потока заявок

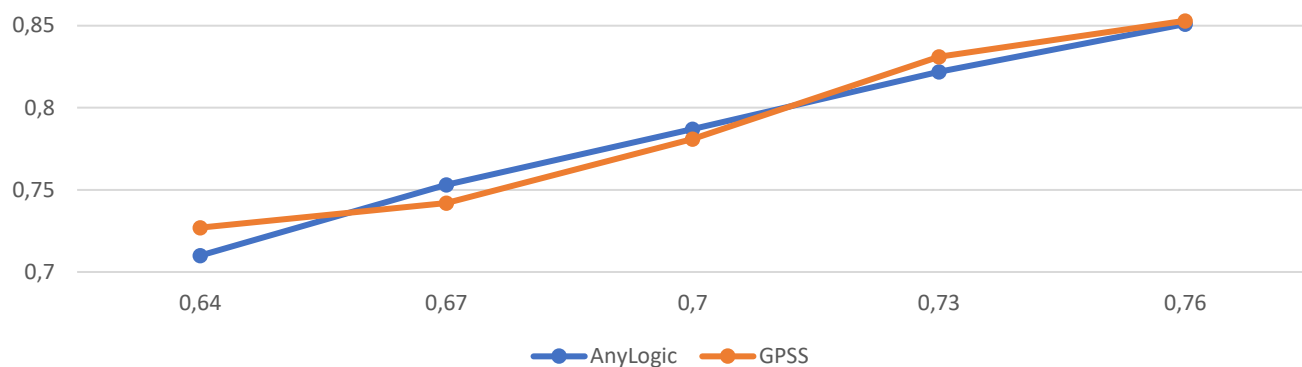


График зависимости загрузки 2 узла от интенсивности потока заявок

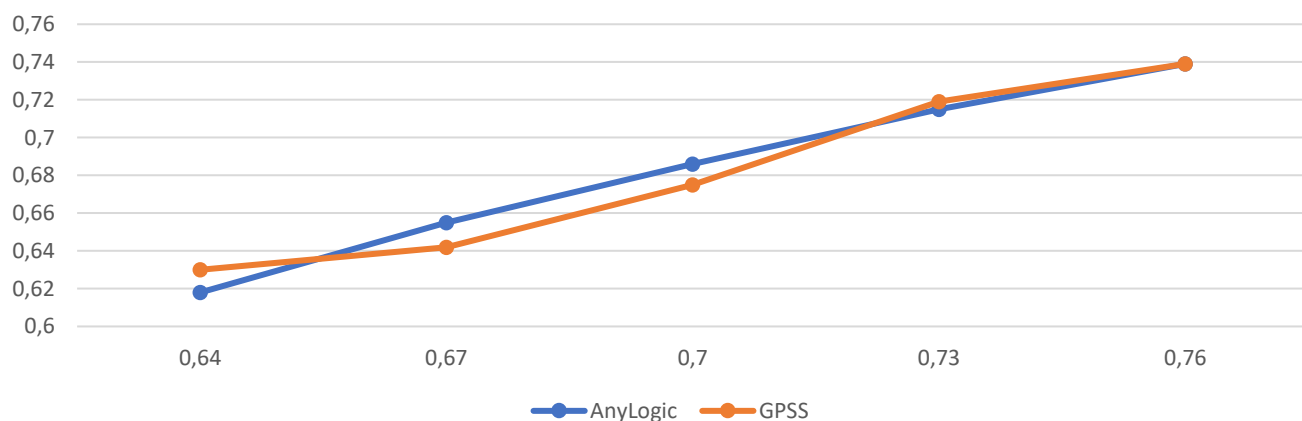


График зависимости загрузки 3 узла от интенсивности потока заявок

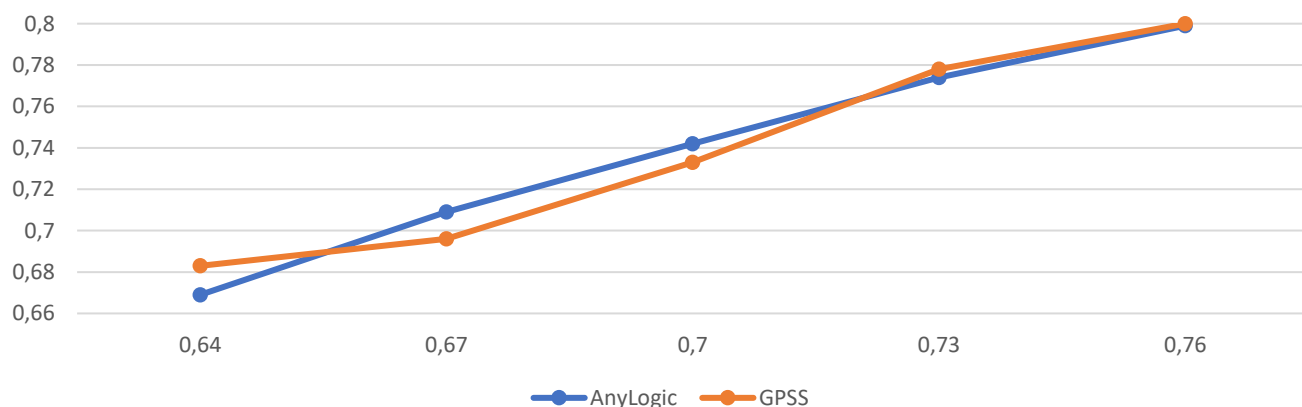


График зависимости каждого узла от интенсивности потока заявок

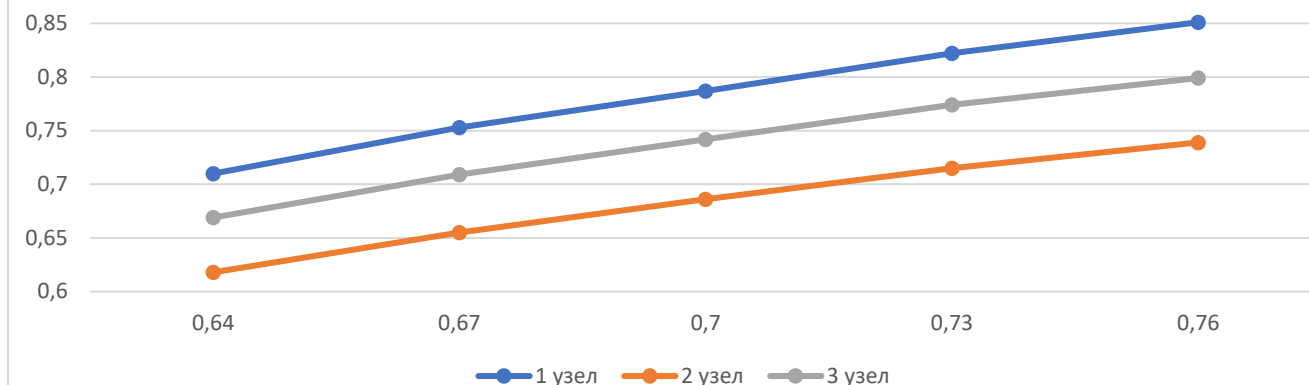
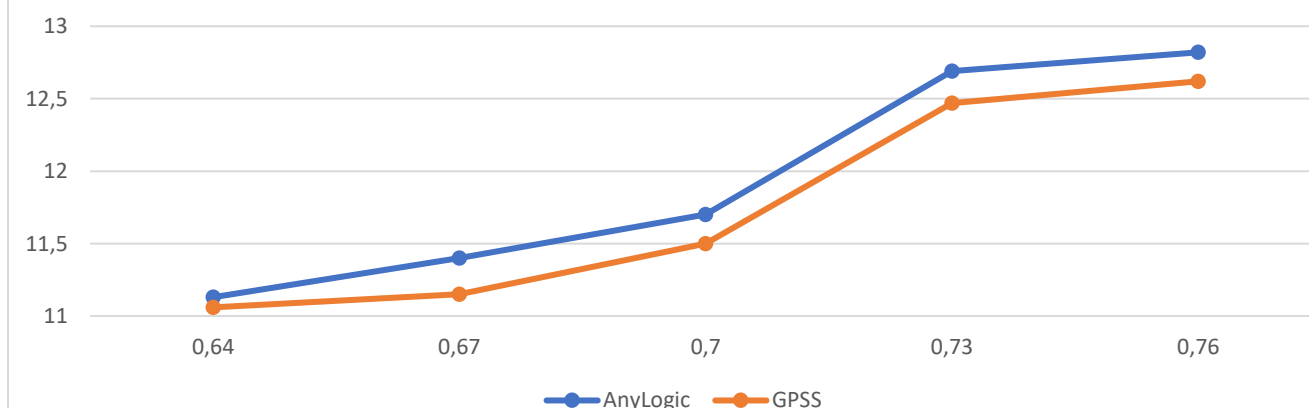


График зависимости ср. времени пребывания от интенсивности потока заявок



Этап 4

Обработка и анализ результатов моделирования

При рассмотрении характеристик моделей, построенных в программах GPSS и AnyLogic, становится понятно, что характеристики практически одинаковые. Незначительное различие характеристик объясняется использованием различных генераторов случайных чисел. Но при достаточно большом количестве транзактов (начиная с 10000), модели показывают одинаковые характеристики.

С увеличением интенсивности потока заявок в систему λ_0 наблюдается увеличение значений всех характеристик. Это объясняется тем, что увеличение потока входящих заявок увеличивает нагрузку на систему.

Так же можно заметить, что загрузка растет практически равномерно, что подтверждает теорию (линейный рост), так как нет потерь в системе (все накопители имеют бесконечный размер).

Так как наибольшую загрузку в системе имеет 1 узел, а загрузки все узлов возрастают одинаково, то можно сделать вывод, что он является узким местом.

Этап 5

Модернизация системы с заданными свойствами

Есть два пути избавления от «узкого места» нашей системы:

- уменьшить время обслуживания текущих приборов (Отправить сотрудников на повышение квалификации),
- увеличить количество приборов в Узле 1 (Увеличить число сотрудников).

Мы пойдем по второму пути, т.к. это самый быстрый вариант в реальной системе. Добавим в Узел 1 еще один прибор и исследуем изменения в модели.

Значения характеристик модернизированной системы

Интенсивность вх. потока	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76
Загрузка Уз. 1	0,569	0,604	0,625	0,651	0,684
Число заявок Уз. 1	10000	10000	10000	10000	10000
Время ожидания Уз. 1	0,26	0,32	0,35	0,46	0,51
Время пребывания Уз. 1	4,76	4,82	4,85	4,96	5,01
Загрузка Уз. 2	0,618	0,658	0,681	0,707	0,743
Число заявок Уз. 2	9783	9783	9783	9783	9783
Время ожидания Уз. 2	0,45	0,52	0,58	0,69	0,75
Время пребывания Уз. 2	2,45	2,52	2,58	2,69	2,75
Загрузка Уз. 3	0,668	0,712	0,737	0,765	0,804
Число заявок Уз. 3	9783	9783	9783	9783	9783
Время ожидания Уз. 3	0,33	0,39	0,52	0,62	0,77
Время пребывания Уз. 3	3,58	3,64	3,77	3,87	4,02
Время пребывания в СеМО	10,79	10,98	11,20	11,52	11,78

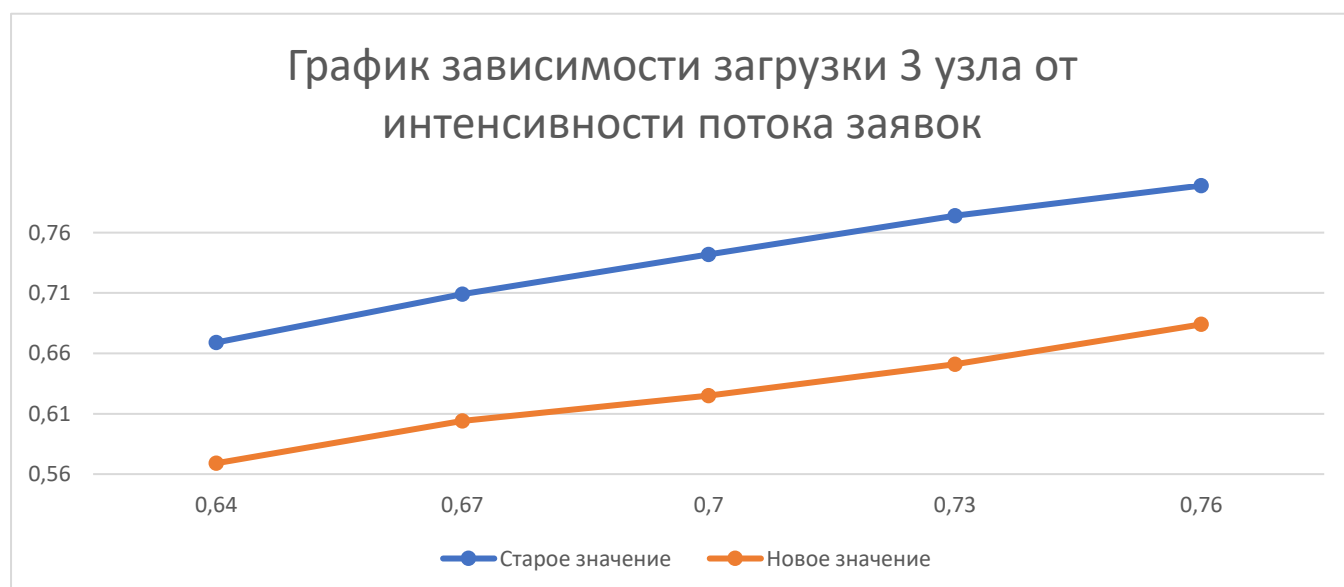


График зависимости каждого узла от интенсивности потока заявок

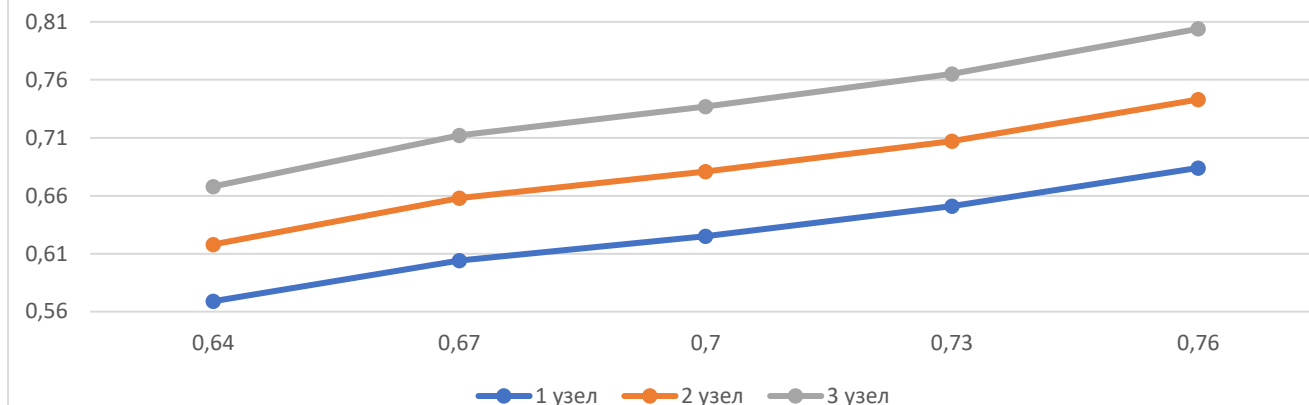
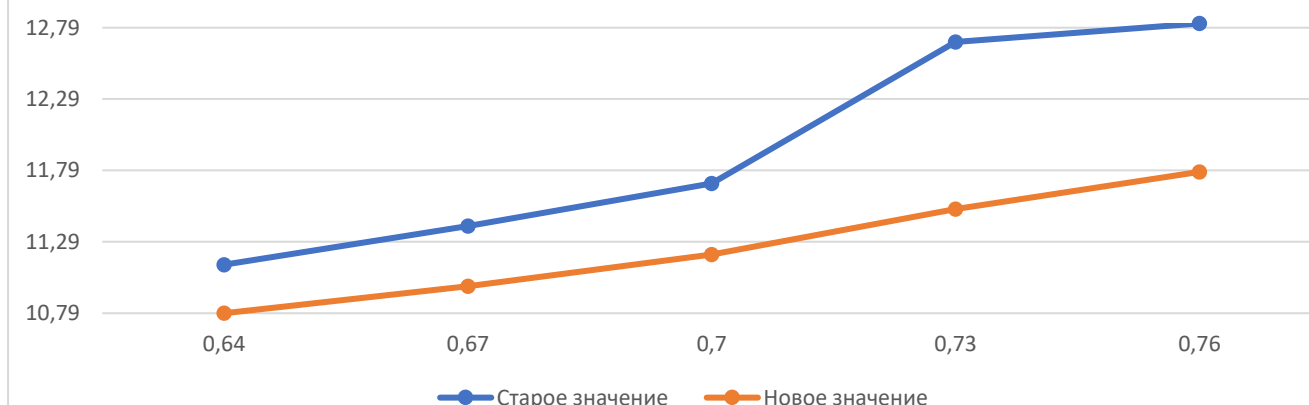


График зависимости ср. времени пребывания от интенсивности потока заявок



Заключение

В ходе данной работы, нами была построена модель реальной системы «Магазин строительных материалов». Было проведено имитационное моделирование этой системы и расчет характеристик системы. Затем мы провели эксперименты с различными нагрузочными параметрами и показали экспериментальные зависимости характеристик от параметров, совпадающие с теоретическими. Проведенное имитационное моделирование системы позволило нам выявить «узкое место» системы, предложить методы его устранения.