

**Моделирование работы банковских терминалов**

*Кобылинский Александр Сергеевич*

*Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема  
Студент*

*Войтешко Олег Альбертович*

*Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема  
Студент*

*Лучанинов Дмитрий Васильевич*

*Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема  
старший преподаватель кафедры информационных систем, математики и  
методик обучения*

**Аннотация**

В данной статье рассмотрен процесс имитации работы банковских терминалов с помощью системы GPSS. Описаны возможные улучшения существующего процесса.

**Ключевые слова:** GPSS, имитационное моделирование, оптимизация

**Banking terminals modeling**

*Kobyliniski Alexander Sergeevich,*

*Sholom-Aleichem Priamursky State University  
Student*

*Voyteshko Oleg Albertovich*

*Sholom-Aleichem Priamursky State University  
Student*

*Luchaninov Dmitry Vasilyevich*

*Sholom-Aleichem Priamursky State University  
Senior lecturer of the Department of Information Systems, Mathematics and  
training methodic*

**Abstract**

In this article the banking terminals simulation process via GPSS system is considered. The possible improvement of the existing process is described.

**Keywords:** GPSS, simulation process, optimization

GPSS World – мощная универсальная среда моделирования как дискретных, так и непрерывных процессов, предназначенная для

профессионального моделирования самых разнообразных процессов и систем.

Компьютерное моделирование является технологией предсказания того, как будет себя вести новая или изменённая система. Оно имеет более широкий спектр применения, нежели чисто математические методы, и на протяжении многих лет оно помогло своим пользователям сэкономить капитал. Даже наиболее сложные реально существующие системы могут быть смоделированы при помощи системы GPSS World.

Из всех разработанных языков моделирования, ни один не имел большего влияния, чем GPSS – Универсальная Система Моделирования (General Purpose Simulation System). Впервые разработанная сотрудником IBM Джеффри Гордоном в начале 1960-х, GPSS является одним из наиболее популярных в мире языков моделирования. Достойный наград каркас GPSS оказался настолько прочным, что и по сегодняшний день он предоставляет богатую основу для современных имитационных сред. В дополнение, GPSS оказал глубокое влияние на многие другие языки моделирования, которые теперь опираются на появившиеся в GPSS понятия. Целью исследования является моделирование оптимального использования банкоматов клиентами.

Теория массового обслуживания – область прикладной математики, занимающаяся анализом процессов в системах производства, обслуживания, в которых однородные события повторяются многократно. Такие системы носят название системы массового обслуживания (СМО), и в качестве примера могут выступать предприятия бытового обслуживания; системы приема, переработки и передачи информации и др [1].

Системы массового обслуживания (СМО) представляют собой системы специфического вида. Основой СМО является определенное число обслуживающих устройств – каналы обслуживания. Роль каналов в реальности могут выполнять приборы, операторы, продавцы, линии связи и пр.

Предназначение СМО состоит в обслуживании потока заявок (требований), представляющих последовательность событий, поступающих нерегулярно и в заранее неизвестные и случайные моменты времени. Само обслуживание заявок также имеет непостоянный характер, происходит в случайные промежутки времени и зависит от многих и даже неизвестных причин. Случайный характер потока заявок и времени их обслуживания обуславливает неравномерность загрузки СМО: на входе могут накапливаться необслуженные заявки (перегрузка СМО) либо заявок нет или их меньше, чем свободных каналов (недогрузка СМО). Структура систем массового обслуживания показана схематически на рис.1. В СМО поступает поток заявок; часть из них принимается на обслуживание в каналы, часть ждет в очереди на обслуживание, часть покидает систему необслуженными [2].

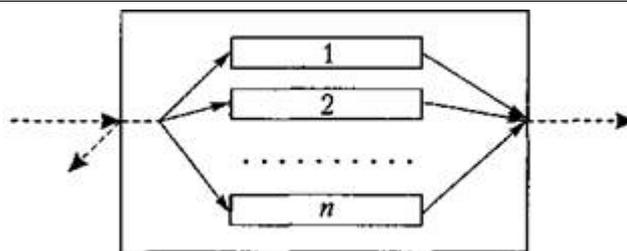


Рис. 1. Схема СМО

Модели GPSS состоят из сети «блоков», представляющие действия или задержки, с которыми может столкнуться набор «транзактов», которые «входят» в один блок, а затем в следующий блок. Весь процесс моделирования является последовательностью одного транзакта, входящего в один или несколько блоков, затем другого, и так далее. В процессе моделирования реальной системы – необходимо собрать набор блоков так, чтобы поведение транзактов было похоже на поведение реальной (или предполагаемой) системы. К примеру, блоки GENERATE вводят транзакты в модель в выбранные интервалы модельного времени. Такие транзакты могут представлять покупателей, части чего-либо, телефонные звонки, электронные сигналы и др.

Основными элементами СМО являются:

- входной поток заявок;
- очередь;
- каналы обслуживания;
- выходной поток заявок (обслуженные заявки).

Эффективность функционирования СМО определяется ее пропускной способностью – относительным числом обслуженных заявок.

По числу каналов  $n$  все СМО разделяются на одноканальные ( $n=1$ ) и многоканальные ( $n>1$ ). Многоканальные СМО могут быть как однородными (по каналам), так и разнородными (по продолжительности обслуживания заявок). По дисциплине обслуживания различаются три класса СМО.

1. СМО с отказами (нулевое ожидание или явные потери). «Отказная» заявка вновь поступает в систему, чтобы ее обслужили (например, вызов абонента через АТС).

2. СМО с ожиданием (неограниченное ожидание или очередь). При занятости всех каналов заявка поступает в очередь и в конце концов будет выполнена (торговля, сферы бытового и медицинского обслуживания).

3. СМО смешанного типа (ограниченное ожидание). Имеется ограничение на длину очереди (сервис по обслуживанию автомобилей). Другой вид ограниченного ожидания – ограничение на время пребывания заявки в СМО (ПВО, особые условия обслуживания в банке).

Целью теории систем массового обслуживания является выработка рекомендаций по рациональному построению СМО и рациональной организации их работы и регулированию потока заявок. Отсюда вытекают задачи, связанные с теорией массового обслуживания: установление

зависимостей работы СМО от ее организации, характера потока заявок, числа каналов и их производительности, правил работы СМО.

Рассмотрим многоканальную СМО ( $n > 1$ ) с ожиданием, т. е. заявка, поступившая в СМО в момент времени, когда все каналы заняты, в отличие от СМО с отказами, не покидает систему необслуженной, а становится в очередь и ожидает обслуживания. Следует отметить, что большинство обслуживающих фирм и учреждений устроены как раз по такому принципу. Пусть максимальное число мест в очереди равно  $m > 1$ , т. е. в очереди могут ожидать своего обслуживания не более  $m$  заявок. Поэтому заявка, пришедшая на вход в СМО в момент, когда в очереди уже находятся  $m$  заявок, получает отказ и покидает систему. Иными словами, «заполнение» СМО заявками из входного потока идет в два этапа: сначала происходит загрузка каналов обслуживания, затем заполняется очередь. Нумерация состояний системы в этом случае имеет следующий вид: от состояния  $s_0$  (в СМО нет заявок и все каналы свободны) до состояния  $s_n$  (в СМО  $n$  заявок и все каналы заняты) очереди нет; от состояния  $s_n + 1$  (в СМО  $n + 1$  заявка, все каналы заняты и одна заявка находится в очереди) до состояния  $s_n + m$  (все каналы заняты и все  $m$  мест в очереди заняты заявками) происходит заполнение очереди.

Граф состояний СМО показан на рис. 2. Переход системы из состояния  $s_k$  в состояние  $s_k + 1$  слева направо ( $k = 0, 1, \dots, n + m - 1$ ) происходит под воздействием одного и того же входного потока заявок интенсивности  $\lambda$ , следовательно, плотности вероятности перехода из состояния в состояние слева направо одинаковы и равны  $\lambda$ .

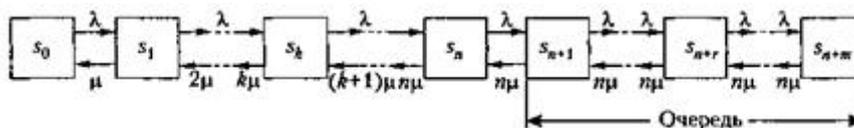


Рис. 2. Граф состояний СМО

Переход системы из состояния в состояние справа налево происходит с разными плотностями вероятностей внутри двух циклов состояний, отмеченных выше. Если заявка продолжает оставаться в очереди (состояние  $s_k$ ,  $n+1 < k < n+m$ ), т. е. все каналы заняты, то эти переходы имеют плотность вероятности, равную  $n\mu$  (перемещение системы из состояния в состояние обусловлено общей работой  $n$  каналов). Если система находится в состоянии, когда занято  $k$  каналов ( $1 < k < n$ ), то переход ее в левое состояние обусловлен потоком, представляющим собой сумму  $k$  потоков обслуживания (общей работой  $k$  каналов); в таком случае плотность вероятности перехода равна  $k\mu$ . Следует отметить, что система не может «перескакивать» через промежуточное состояние, а переходит из состояния в состояние последовательно: либо слева направо, либо справа налево по графу состояний.

Приведем описание команд используемых в практической части.

Блок GENERATE порождает транзакты (клиентов) через каждые  $n \pm k$  единиц времени, где  $n$  интервал модельного времени, через который порождаются транзакты,  $k$  задает временные границы интервала, т.е. время прихода очередного клиента получается, как случайное число в промежутке от  $n-k$  до  $n+k$ .

Блок SEIZE, в который поступают транзакты из блока GENERATE, выполняет операцию занятия транзактами устройства начиная с первого номера.

Блок ADVANCE задерживает транзакт, который занял устройство, на  $a \pm b$  единиц времени, моделируя тем самым задержку клиента на время его обслуживания.

По истечении этого времени транзакт переходит в блок RELEASE, в котором выполняется освобождение устройства соответствующего порядкового номера, и далее поступает в блок TERMINATE, в котором транзакты уничтожаются. Это не означает, что клиенты тоже уничтожаются, просто клиент уходит из системы, значит, транзакт, моделирующий его, больше нам не нужен. Транзакт уничтожается, чтобы не нужно было описывать его дальнейшее движение и освободить занимаемую им память компьютера.

QUEUE – точка входа в очередь и DEPART – точка выхода.

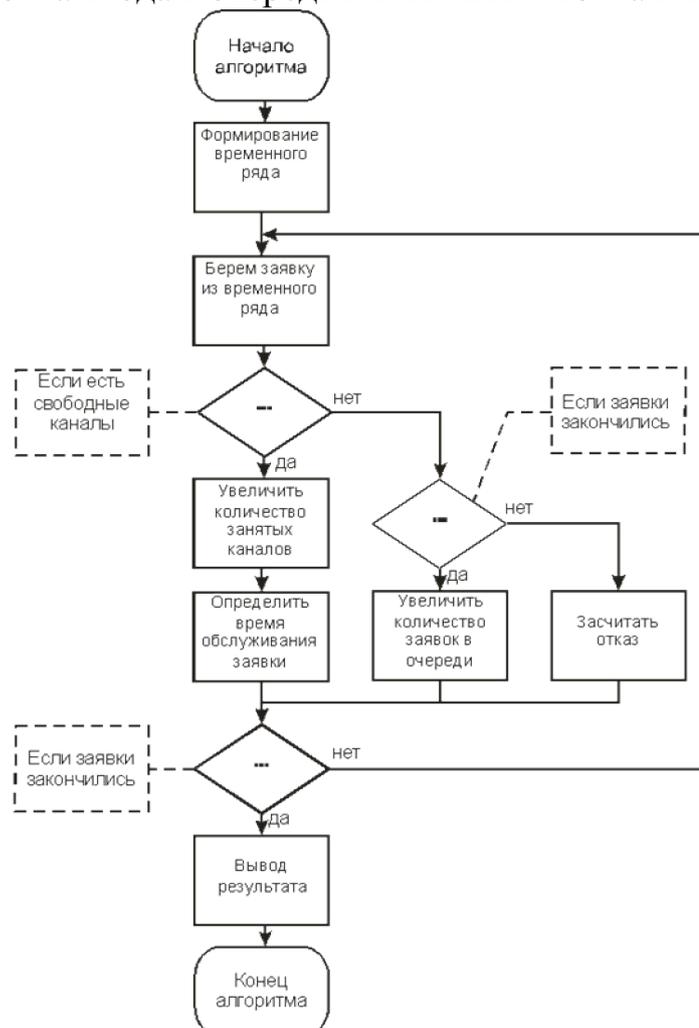


Рис. 3. Алгоритм работы СМО

В данной работе была рассмотрена работа терминалов банка. На основе действительных наблюдений были получены данные, которые и будут фигурировать в модели, построенной в GPSS World.

Показатели, требуемые для расчета:

Количество терминалов – 3;

Появление клиента (транзакта) –  $20 \pm 5$  сек.;

Отказ от обслуживания при наличии в очереди клиентов – 4;

Время работы клиента с терминалом –  $53 \pm 21$  сек.

```

10 KRES STORAGE 3 ;память KRES имеет емкость 3 ед. (количество терминалов)
20 GENERATE 20,15 ; в секундах приход клиентов
25 TEST L Q1,4,ОТКАЗ ; Q1 по умолчанию =1 (длина очереди)
30 QUEUE 1 ;вход в очередь 1
40 ENTER KRES ;занять в памяти KRES одно место
50 DEPART 1 ;выход из очереди 1
60 ADVANCE 53,21 ; минуты обслуживания
70 LEAVE KRES ;освободить место в памяти KRES |
80 TERMINATE
85 ОТКАЗ TERMINATE
90 GENERATE 2400 ;моделировать 7 дней работы
100 TERMINATE 1

```

Рис. 4. Описание модели на языке GPSS World

После имитации модели (рис.5), открывается окно с полученным решением.

114 клиентов было обслужено, 1 отказался от обслуживания. Следовательно, можно найти оценку вероятности отказа:

$$P = \frac{1}{114} = 0.009$$

Коэффициент загрузки получился равным 0,820. Это значит, что любой из трех банкоматов в среднем 82% времени занят непосредственным обслуживанием клиента.

Т.е. при простое любого из трех банкоматов в среднем 18% времени, от обслуживания отказался 1 клиент.

Следует провести моделирование на уменьшение простоя банкоматов.

Показатели, исправленные искусственным путем, для расчета:

Количество терминалов – 2;

Появление клиента (транзакта) –  $20 \pm 5$  сек.;

Отказ от обслуживания при наличии в очереди клиентов – 4;

Время работы клиента с терминалом –  $53 \pm 21$  сек.;

Вариант 1.

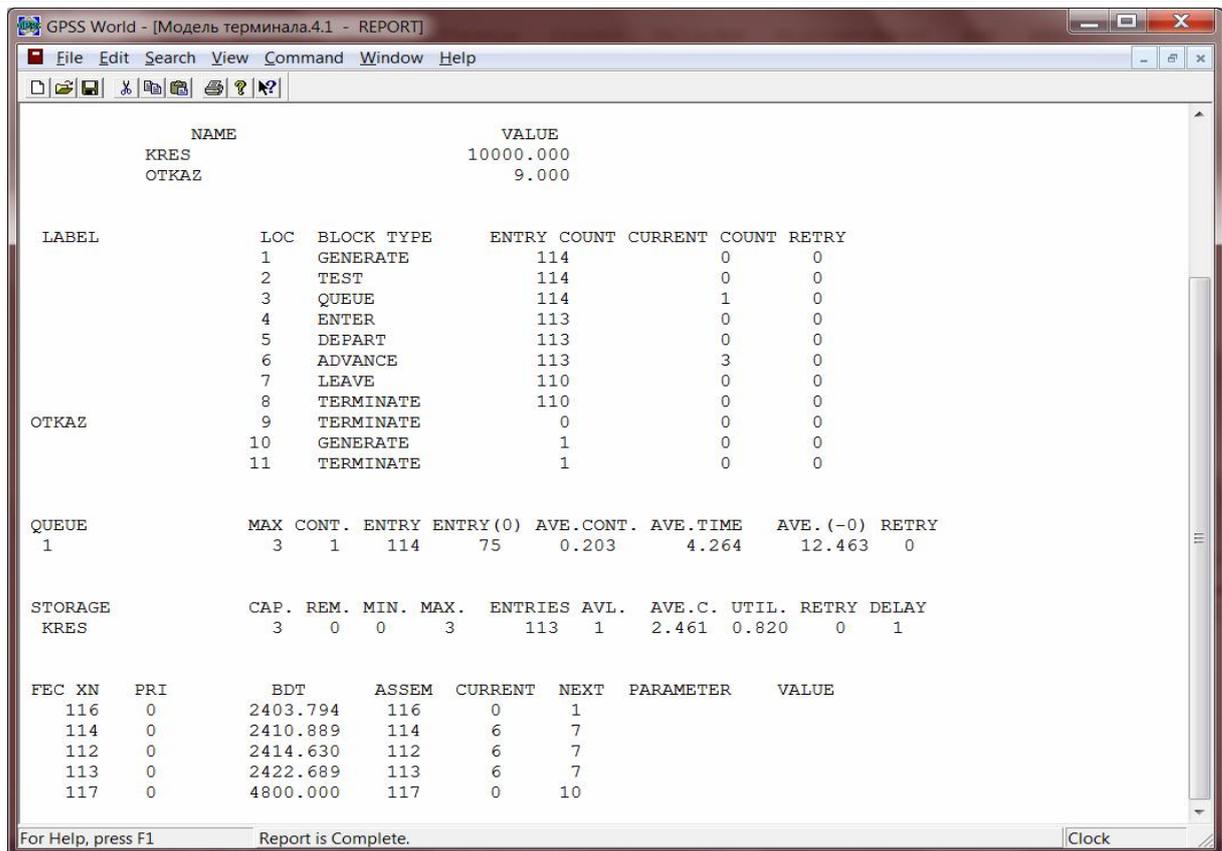


Рис. 5. Результат вычислений 1

89 клиентов было обслужено, 34 отказалось от обслуживания. Следовательно, можно найти оценку вероятности отказа:

$$P = \frac{34}{89} = 0.382$$

Коэффициент загрузки получился равным 0,981. Это значит, что любой из трех банкоматов в среднем 98% времени занят непосредственным обслуживанием клиента. Т.е. при простое любого из двух банкоматов в среднем 2% времени, от обслуживания отказалось 34 клиента.

Следует провести моделирование на уменьшение отказа клиентов и простоя банкоматов. Показатели, исправленные искусственным путем, для расчета:

- Количество терминалов – 4;
- Появление клиента (транзакта) – 20±5 сек.;
- Отказ от обслуживания при наличии в очереди клиентов – 4;
- Время работы клиента с терминалом – 53±21 сек.;
- Вариант 2.

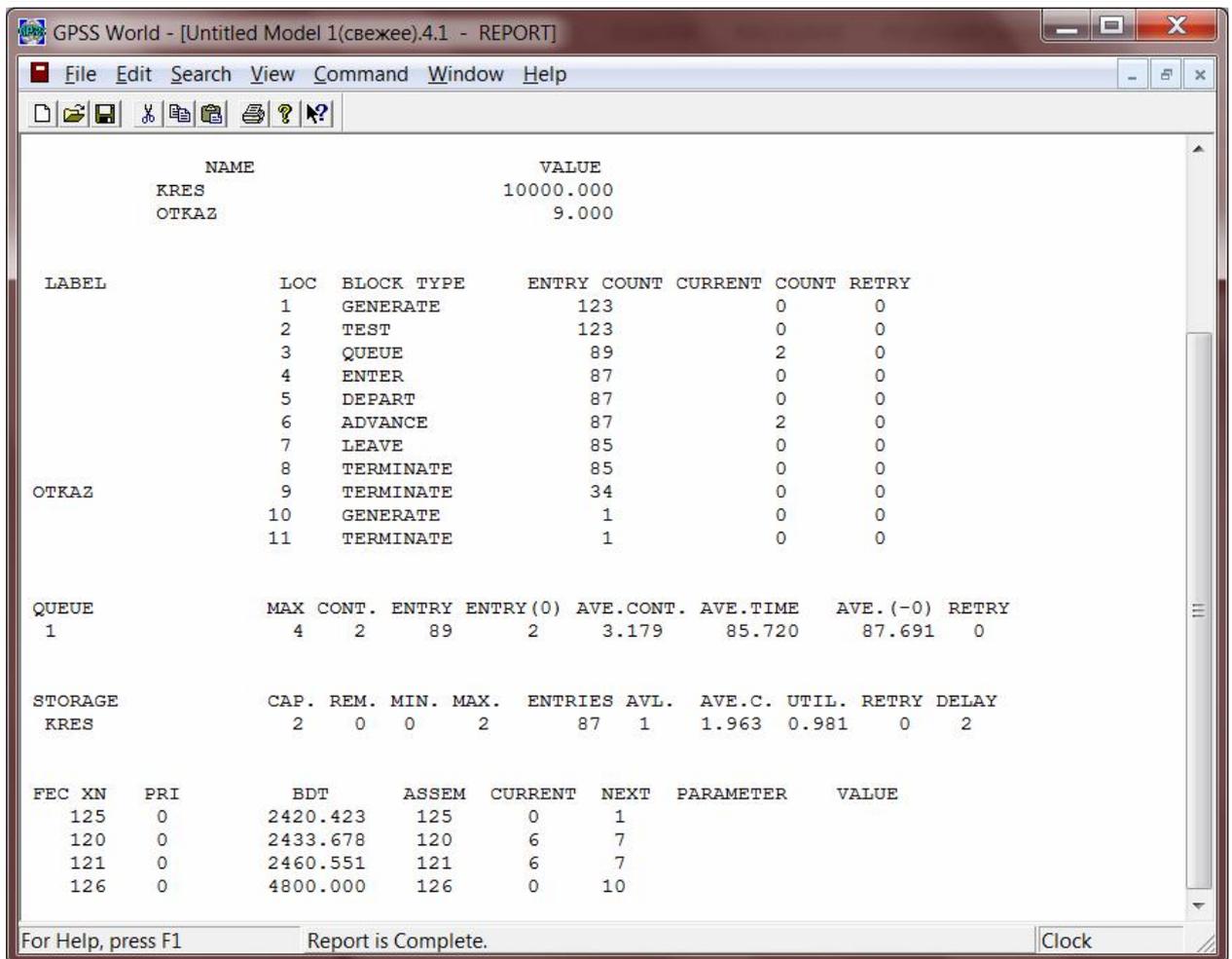


Рис. 6. Результат вычислений 2

115 клиентов было обслужено, 0 отказалось от обслуживания. Следовательно, можно найти оценку вероятности отказа:

$$P = \frac{0}{115} = 0$$

Коэффициент загрузки получился равным 0,629. Это значит, что любой из трех банкоматов в среднем 63% времени занят непосредственным обслуживанием клиента. Т.е. при простое любого из четырех банкоматов в среднем 37% времени, от обслуживания отказалось 0 клиентов.

Вариант 3.

NAME	VALUE
KRES	10000.000
ОТКАЗ	9.000

LABEL	LOC	BLOCK	TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	1	GENERATE		115	0	0
	2	TEST		115	0	0
	3	QUEUE		115	0	0
	4	ENTER		115	0	0
	5	DEPART		115	0	0
	6	ADVANCE		115	3	0
	7	LEAVE		112	0	0
	8	TERMINATE		112	0	0
ОТКАЗ	9	TERMINATE		0	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
1	2	0	115	109	0.018	0.369	7.063	0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE. C.	UTIL.	RETRY	DELAY
KRES	4	1	0	4	115	1	2.515	0.629	0	0

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
113	0	2400.976	113	6	7		
115	0	2403.324	115	6	7		
117	0	2413.119	117	0	1		
116	0	2458.041	116	6	7		
118	0	4800.000	118	0	10		

Рис. 7. Результат вычислений 3

В третьем варианте клиенты обслужены все, но при этом рентабельность очень низкая. Во втором варианте простой у банкоматов низкий, при этом >30% клиентов остались не обслуженными. В первом варианте работа банкомата составила 82% от общего времени, и произошел 1 отказ. В итоге оптимальным решением можно считать вариант 1.

В процессе написания работы, была проанализирована предметная область, рассмотрена среда моделирования как дискретных, так и непрерывных процессов – GPSS World. Был определен оптимальный путь решения.

### Библиографический список

1. Введение в GPSS [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vtit.kuzstu.ru> (дата обращения: 15.12.2016).
2. Описание GPSS [Электронный ресурс]. URL: <http://www.itteach.ru> (дата обращения: 12.12.2016).
3. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. М.: ДМК Пресс, 2004.
4. Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World. Учебное пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2004.