

УДК 004.032.26

Морозов Максим Евгеньевич

студент 4 курс

кафедра ИИиЦТ НИУ «БелГУ»

г. Белгород, Россия

Гахова Нина Николаевна

научный руководитель, к.т.н.

доц. НИУ «БелГУ»

г. Белгород, Россия

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИЁМКИ
ПОСТАВОК НА СКЛАДЕ В СРЕДЕ GPSS WORLD**

Maxim Evgenievich Morozov

Fourth-year student

Department of Information and Computer Technologies, Belgorod National

Research University

Belgorod, Russia

Nina Nikolaevna Gakhova

Academic Supervisor, PhD

Associate Professor, Belgorod National Research University

Belgorod, Russia

**SIMULATION MODELING OF THE WAREHOUSE DELIVERY
RECEIPT PROCESS IN THE GPSS WORLD ENVIRONMENT**

АННОТАЦИЯ

Статья описывает имитационное моделирование процесса приёмки поставок на складе предприятия в среде GPSS World. Рассматривается многоэтапная система обработки поставок: проверка документов, контроль количества и качества товаров, рекламации, регистрация, маркировка и

перемещение на склад. Анализируются среднее время нахождения поставок в системе, загрузка персонала и очереди на каждом этапе. На основе результатов моделирования предложены и проверены изменения, направленные на оптимизацию работы складского процесса.

Ключевые слова: имитационное моделирование, GPSS World, логистика, складские процессы, поставка, очередь, ресурсы, оптимизация.

ABSTRACT

This article describes a simulation modeling of the delivery acceptance process in an enterprise warehouse using the GPSS World environment. A multi-stage delivery processing system is considered: document verification, quantity and quality control of goods, complaints, registration, labeling, and transfer to the warehouse. The average time of deliveries in the system, personnel workload, and queues at each stage are analyzed. Based on the simulation results, changes aimed at optimizing the warehouse process are proposed and tested.

Keywords: simulation modeling, GPSS World, logistics, warehouse processes, delivery, queue, resources, optimization.

Актуальность исследования обусловлена возрастающей ролью складской логистики в деятельности современных предприятий. Увеличение объёмов поставок, ужесточение требований к срокам обработки грузов и необходимость рационального использования персонала требуют применения методов, позволяющих заранее оценить эффективность складских процессов [1]. Имитационное моделирование даёт возможность исследовать работу системы без вмешательства в реальный производственный процесс, выявить узкие места и обосновать управленческие решения по оптимизации приёма поставок [2].

Цель исследования – оценить эффективность работы складского подразделения предприятия, среднее время обработки поставок, загрузку персонала и длину очередей на всех этапах приёма и обработки грузов.

В процессе исследования была разработана модель основных логистических процессов на складе, которая предназначена для анализа оптимизации работы на складах. Для имитационного моделирования применялся пакет GPSS World, который позволяет получить статистические показатели, по количественной оценке, вероятностных параметров [3].

В модели предполагалось, что поставки товаров приходят в логистическое подразделение с интервалом 60 ± 30 минут. После прибытия товаровед проверяет документы, что занимает в среднем 8 ± 2 минуты, при этом в 5 % случаев требуется дополнительное согласование, занимающее 15 ± 5 минут. Далее на складе проводится проверка количества и качества товара, базовое время которой составляет 5 минут плюс 0.3 минуты на каждую единицу партии. В 3 % случаев выявляются несоответствия, требующие рекламации, продолжительностью 25 ± 10 минут. После проверки данные вносятся в журнал регистрации в течение 4-7 минут. Для 80 % партий выполняется маркировка штрих-кодом, длительностью 6 ± 1.5 минут. Завершающий этап – перемещение товара на склад, которое занимает $10 + 0.25$ минуты на единицу. Модель имитирует процесс приёмки поставок в течение недели при 12-часовом рабочем дне.

Результаты симуляции с исходными данными представлен на рисунке 1.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)		
RETRY									
CHECK_QUEUE	1	0	85	0	0.140	8.308	8.308	0	
REG_QUEUE	1	0	85	0	0.112	6.626	6.626	0	
MARK_QUEUE	1	1	71	0	0.084	5.936	5.936	0	
MOVE_QUEUE	2	0	84	0	0.295	17.698	17.698	0	
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY
DELAY									
TOVAROVED	1	1	0	1	170	1	0.252	0.252	0 0
MARKER	1	0	0	1	71	1	0.084	0.084	0 0
LOADER	2	2	0	2	168	1	0.583	0.292	0 0
TAB1	53.732	7.848					0		
89.29				0.000	-	60.000			75
				60.000	-	120.000			9

Рисунок 1 – Результаты симуляции с исходными данными

Анализ разработанной модели показал, что за неделю при 12- часовом рабочем дне в систему поступило 85 поставок, из которых 84 были обработаны полностью. Среднее время нахождения поставки в системе составило 53.7 минуты, при стандартном отклонении 7.85 минут. Более 89 % поставок завершались менее чем за час. Загрузка персонала оказалась неравномерной: грузчики задействованы на 58 %, товаровед – на 25 %, маркировщик – на 8 %, что выявляет потенциальные возможности для оптимизации распределения функций. Очереди к основным этапам обработки поставок характеризуются невысокой загруженностью. Максимальная длина очереди на проверку и регистрацию не превышала одной поставки, а среднее время ожидания находилось в диапазоне 6–8 минут. Очередь на маркировку также оставалась минимальной, что дополнительно подтверждает недостаточность загрузки соответствующего ресурса. Количество рекламаций и согласований соответствовало установленным вероятностям и не создавало значительных задержек. На рисунке 1 представлены гистограммы по очередям модели, где горизонтальная ось демонстрирует период времени, а вертикальная ось – количество поставок.

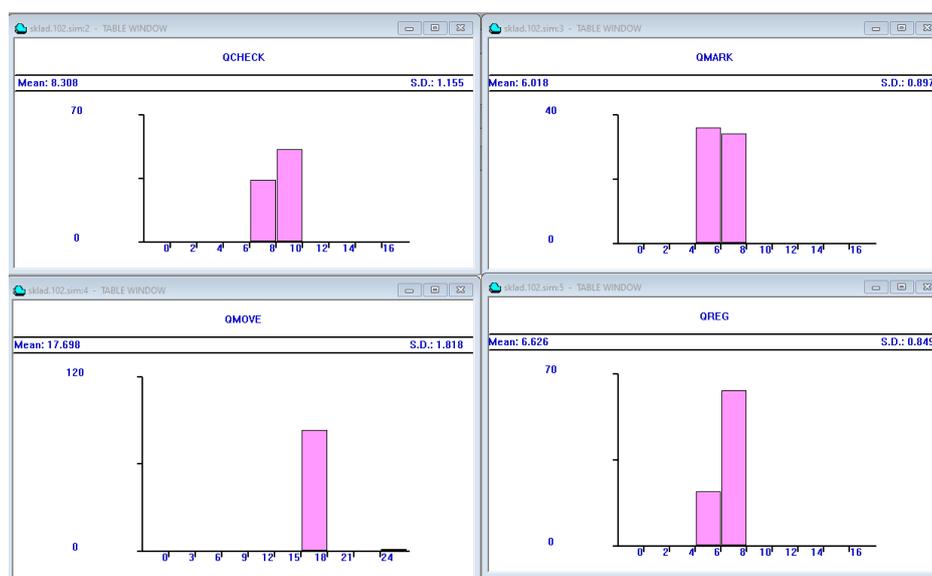


Рисунок 2 – Гистограммы по очередям модели

Для оценки возможных изменений в организации работы склада были проведены два эксперимента. В первой модификации функции маркировки выполнял товаровед, количество грузчиков сокращено до одного, при этом частота поступления поставок увеличена.

Результаты симуляции с обновлённой нагрузкой товароведа и грузчика представлены на рисунке 3.

QUEUE RETRY	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)				
CHECK_QUEUE	1	0	168	0	0.312	9.347	9.347	0			
REG_QUEUE	2	0	168	0	0.244	7.318	7.318	0			
MOVE_QUEUE	2	0	167	0	0.602	18.160	18.160	0			

STORAGE DELAY	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	
TOVAROVED	1	1	0	1	336	1	0.483	0.483	0	0
LOADER	1	1	0	1	167	1	0.580	0.580	0	0

Рисунок 3 – Результаты симуляции после изменений

В таких условиях за моделируемый период поступило 168 поставок, среднее время нахождения в системе составило 54.7 минуты, при этом загрузка товароведа выросла до 48 %, что позволило более рационально использовать персонал. Очереди оставались управляемыми, показатели рекламаций и согласований оставались сопоставимыми с исходной моделью.

Во второй модификации был восстановлен отдельный маркировщик и второй грузчик, время перемещения товара на склад сокращено с 17.5 до 9.5 минут. Результаты симуляции с обновлённым временем на рисунке 4.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)
RETRY							
CHECK_QUEUE	1	0	168	0	0.312	9.354	9.354 0
REG_QUEUE	2	0	168	0	0.244	7.315	7.315 0
MARK_QUEUE	2	1	132	0	0.158	6.019	6.019 0
MOVE_QUEUE	2	0	167	0	0.317	9.570	9.570 0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY
DELAY									
TOVAROVED	1	1	0	1	336	1	0.483	0.483	0 0
MARKER	1	0	0	1	132	1	0.158	0.158	0 0
LOADER	2	2	0	2	334	1	0.630	0.315	0 0

TAB1	46.088	6.418					0		
			0.000	-	60.000			161	
96.41			60.000	-	120.000			6	

Рисунок 4 – Результаты симуляции с обновлённым временем обработки

В соответствии с полученными данными, среднее время обработки поставки снизилось до 46.1 минуты, и более 96 % поставок завершались менее чем за час. Загрузка товароведа составила 48 %, маркировщика – 16 %, суммарная загрузка грузчиков – 63 %. Очереди на всех этапах оставались минимальными, что подтверждает сбалансированность работы системы и отсутствие узких мест.

Таким образом, проведённое имитационное моделирование продемонстрировало возможность оптимизации складских операций путем корректировки числа сотрудников, перераспределения функций и сокращения времени перемещения товаров. Результаты экспериментов показывают, что такие изменения позволяют уменьшить среднее время обработки поставок, повысить равномерность загрузки персонала и увеличить общую эффективность работы склада.

Список литературы:

1. Гаджинский А.М. Современный склад. Организация, технологии, управление и логистика / А.М. Гаджинский.- М.: ТК Велби, 2018 – 86 с.

2. Емельянов А.А. Имитационное моделирование экономических процессов. – М.: Финансы и статистика, 2012. – 368 с.
3. Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World. [Текст]: Учебное пособие/В.Д. Боев - СПб: БХВ-Петербург, 2004. – 368 с.