

УДК 004.9

*Бутвари Ж.О. Студент кафедры
ПИиИТ НИУ «БелГУ», 4 курс (Белгород, Россия)*

*Научный руководитель: Гахова Н. Н.
к.т.н., доц. НИУ «БелГУ», (Белгород, Россия)*

*Butwari J. O. Student of the Department
of Applied Informatics and Information
Technology NRU "BelSU", 4rd year Belgorod, Russia)*

*Scientific supervisor: Gakhova N. N.
Associate Professor of the Department of Applied Informatics
and Information Technology
NRU "BelGU", (Belgorod, Russia)*

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ В АВТОСЕРВИСЕ
В СРЕДЕ GPSS WORLD**

**SIMULATION MODELING OF THE CUSTOMER SERVICE PROCESS
IN A CAR SERVICE USING GPSS WORLD**

Аннотация: Статья описывает имитационное моделирование в среде GPSS World процесса обслуживания автомобилей клиентов в автосервисе (мелкий ремонт, капитальный ремонт и доработки). Рассматривается загрузка по каждому виду работ, время ожидания и средняя продолжительность обслуживания автомобилей.

Abstract: The article describes simulation modeling of the customer vehicle service process in a car repair shop (minor repairs, major repairs, and modifications) using the GPSS World environment. It examines the workload for each type of service, waiting time, and the average duration of vehicle servicing.

Ключевые слова: модель, автосервис, ремонт, имитационное моделирование.

Keywords: model, auto repair, maintenance, simulation.

В данной работе рассмотрено моделирование автосервиса, состоящего из нескольких отделов: быстрого ремонта, капитального ремонта и доработок [1, 2]. Имитационное (ИМ) выполнялось средствами

GPSS World, который является мощной средой для имитационного моделирования сложных процессов и систем. Он позволяет анализировать работу производственных и сервисных предприятий, выявлять узкие места и оптимизировать ресурсы [3,4].

Цель исследования – оценить загрузку каждого отдела, время обслуживания клиентов и выявить возможные улучшения процессе работы.

В исследовании предполагалось, что автомобили прибывают в автосервис с интервалом в среднем 10 мин.

В зависимости от характера неисправности процесс обслуживания автомобилей на автосервисе включает несколько ключевых этапов, каждый из которых имеет свое среднее время выполнения и вероятность перехода на следующий этап:

- быстрый ремонт (Quick Repair). Быстрый ремонт занимает в среднем 30 ± 5 мин. После его завершения 60% автомобилей направляются на капитальный ремонт, а оставшиеся 40% сразу выходят из системы, так как не требуют дальнейших работ;

- капитальный ремонт (Major Repair). Если автомобиль направлен на капитальный ремонт, этот процесс занимает 60 ± 10 мин. После ремонта 70% автомобилей выходят из системы, а 30% требуют дополнительных доработок;

- доработки (Rework). Автомобили, требующие доработки, проходят дополнительный этап обслуживания, который длится 50 ± 7 мин.

После завершения работ все автомобили возвращаются клиенту. Оформление документов и передача автомобиля клиенту занимают 10 ± 2 мин, после чего автомобиль окончательно выходит из системы.

Данная модель в среде GPSS World представлена на листинге 1.

Листинг 1- Имитационная модель в среде GPSS World

```

* Storage Definitions for Mechanic Resources
QuickRepairMech STORAGE 1      ; Mechanic for quick repairs
MajorRepairMech STORAGE 1      ; Mechanic for major repairs
ReworkMech STORAGE 1           ; Mechanic for rework jobs
ReturnSystem STORAGE 1         ; System for returning repaired cars
* Generate Cars Every 10 Minutes
GENERATE 10                     ; New car every 10 minutes
* Initial Distribution of Cars (40% Quick, 30% Major, 30% Rework)
TRANSFER 0.4,Quick_Repair      ; 40% to quick repairs
TRANSFER 0.3,Major_Repair      ; 30% to major repairs
TRANSFER ,Rework                ; 30% to rework (default)
* Quick Repair Process
Quick_Repair QUEUE QuickRepairQ ; Join the quick repair queue
SEIZE QuickRepairMech           ; Seize mechanic
DEPART QuickRepairQ            ; Leave the queue
ADVANCE 30,5                    ; Repair time: 30 ±5 mins
RELEASE QuickRepairMech        ; Release mechanic
TRANSFER 0.6,Major_Repair      ; 60% to major repairs
TRANSFER ,Return_Cars         ; 40% to return system (default)
* Major Repair Process
Major_Repair QUEUE MajorRepairQ ; Join the major repair queue
SEIZE MajorRepairMech          ; Seize mechanic
DEPART MajorRepairQ           ; Leave the queue
ADVANCE 60,10                  ; Repair time: 60 ±10 mins
RELEASE MajorRepairMech        ; Release mechanic
TRANSFER 0.7,Return_Cars      ; 70% to return system
TRANSFER ,Rework              ; 30% to rework (default)
* Rework Process
Rework QUEUE ReworkQ           ; Join the rework queue
SEIZE ReworkMech               ; Seize mechanic
DEPART ReworkQ                ; Leave the queue
ADVANCE 50,7                   ; Rework time: 50 ±7 mins
RELEASE ReworkMech             ; Release mechanic
TRANSFER ,Return_Cars         ; All go to return system
* Return Cars Process
Return_Cars QUEUE ReturnQ      ; Join the return queue
SEIZE ReturnSystem            ; Seize return system
DEPART ReturnQ               ; Leave the queue
ADVANCE 10,2                   ; Return time: 10 ±2 mins
RELEASE ReturnSystem          ; Release system
TERMINATE                     ; Car exits the system
* Simulation Termination Control
GENERATE 600                   ; Timer for 600 minutes
TERMINATE 1                    ; End simulation
START 1                        ; Run the simulation

```

После проведения ИМ работы автосервиса за 12 ч были получены результаты, представленные на рисунке 1.

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
QUICKREPAIRMECH	20	0.983	29.500	1	40	0	0	0	13
MAJORREPAIRMECH	10	0.950	57.000	1	26	0	0	0	9
REWORKMECH	11	0.867	47.273	1	35	0	0	0	8
RETURNSYSTEM	27	0.454	10.088	1	0	0	0	0	0

Рисунок 1 – Занятость отделов

Были получены следующие результаты:

- отдел быстрого ремонта (Quick Repair):
 - количество обработанных автомобилей (ENTRIES): 20;
 - коэффициент загрузки (UTIL) : 98.3% (высокая загрузка);
 - среднее время обслуживания (AVE. TIME): 29.5 минут;
 - число задержек (DELAY): 13;
- отдел капитального ремонта (Major Repair):
 - количество обработанных автомобилей (ENTRIES): 10;
 - коэффициент загрузки (UTIL): 95% (высокая загрузка);
 - среднее время обслуживания (AVE TIME): 57 минут;
 - число задержек (DELAY): 9;
- отдел доработок (Rework):
 - количество обработанных автомобилей (ENTRIES): 11;
 - коэффициент загрузки (UTIL): 86.7%;
 - среднее время обслуживания (AVE TIME): 47.3 минут;
 - число задержек (DELAY): 8;
- система выдачи автомобилей:
 - количество обработанных автомобилей (ENTRIES): 27;
 - коэффициент загрузки (UTIL): 45.4%;
 - среднее время обслуживания (AVE TIME): 10.1 минут;
 - число задержек (DELAY): отсутствуют.

На основе проведенного моделирования можно сделать следующие выводы и рекомендации. Высокая загрузка отдела быстрого ремонта (98.3%) требует оптимизации работы, что возможно за счет увеличения числа механиков или перераспределения задач. Значительная загрузка капитального ремонта (95%) также предполагает необходимость перераспределения части нагрузки или сокращения времени обработки

автомобилей. Отдел доработок, с загрузкой 86.7%, может столкнуться с задержками, поэтому стоит рассмотреть увеличение ресурсов или перераспределение нагрузки. Система выдачи автомобилей работает эффективно (45.4% загрузки, без задержек), однако для дальнейшего улучшения процесса стоит оптимизировать этап оформления документов, что позволит ускорить обслуживание клиентов. Результаты занятости отделов после изменений представлены на рисунке 2.

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
QUICKREPAIRMECH	42	0.677	9.667	1	61	0	0	0	0
MAJORREPAIRMECH	26	0.659	15.204	1	58	0	0	0	0
REWORKMECH	23	0.613	15.981	1	59	0	0	0	0
RETURNSYSTEM	56	0.912	9.768	1	54	0	0	0	1

Рисунок 2 – Занятость отделов после изменении

После модернизации системы с использованием более современных инструментов и увеличения числа механиков, время на выполнение ремонтов значительно сократилось. Это позволило системе работать более эффективно, устранив задержки. Дополнительные механики помогли сбалансировать нагрузку между различными отделами, ускорив процесс ремонта. В результате, автомобили обрабатываются быстрее, очереди сократились, что способствовало более плавной работе системы..

Использованные источники

1. Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M.: Discrete-Event System Simulation. Prentice Hall, 2010.
2. Kovalchuk, S., & Kravchenko, A.: Simulation Modeling of Transportation Systems Using GPSS World.Law, 2020.
3. Law, A. M., & Kelton, W. D.: Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill, 2007.
4. Tolk, A., Diallo, S. Y., & Padilla, J. J. : Modeling and Simulation Support for System of Systems Engineering Applications. Wiley, 2021.