

УДК 629.113:004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

С. В. Монтик

Рассмотрены методики моделирования структуры зоны технического обслуживания автомобилей с использованием теории массового обслуживания и имитационного моделирования в системе GPSS World на примере филиала «Автовокзал г. Бреста» ОАО «Брестоблавтотранс». Предлагается для оптимизации структуры использовать имитационные модели на основе открытой системы массового обслуживания с нормальным законом распределения входящего потока и потока обслуживания с параметрами, определяемыми по результатам статистической обработки данных о работе подразделения.

Ключевые слова: зона технического обслуживания, имитационное моделирование, теория массового обслуживания.

При проектировании и реконструкции автотранспортных предприятий (АТП) возникает задача оптимизации структуры производственных подразделений по техническому обслуживанию (ТО) автомобилей, т. е. определение оптимального количества постов зон технического обслуживания по критерию минимальных суммарных затрат на содержание производственного подразделения и потери прибыли от простоя автомобилей.

Для моделирования структуры зоны ТО автомобилей широко используются теория массового обслуживания и имитационное моделирование. Одним из преимуществ имитационного моделирования является возможность задавать требуемые законы распределения потока требований на обслуживание и потока обслуживания, а также отслеживать поведение системы во времени.

Целью данной работы является сравнение методик моделирования структуры производственных подразделений по техническому обслуживанию транспортных средств с использованием теории массового обслуживания (ТМО) и имитационного моделирования на примере зоны ТО автомобилей-самосвалов производственно-коммерческого комплекса (ПКК) филиала «Автовокзал г. Бреста» ОАО «Брестоблавтотранс».

Количество и режим работы автомобилей-самосвалов, режим работы зоны ТО принимался по данным ПКК филиала «Автовокзал г. Бреста» ОАО «Брестоблавтотранс»: 22 ед. МАЗ-5516, 3 ед. МАЗ-6501, 8 ед. МАЗ-5551; среднесуточный пробег составлял от 220 до 250 км, III категория условий эксплуатации, умеренный климатический район, режим работы автомобилей и зон ТО-1 и ТО-2 составлял 252 дня в году, одна смена.

Первоначально для данных автомобилей был выполнен технологический расчет по типовой детерминированной методике, изложенной в [1, 2]. Определялось годовое количество технических воздействий в зоне ТО (первого технического обслуживания (ТО-1), второго технического обслуживания (ТО-2)), расчетное количество постов ТО-1 и ТО-2. Также определялся такт поста и ритм производства по методике, приведенной в [3]. Расчетное суммарное количество постов ТО-1 и ТО-2 составило 0,955, поэтому дальнейшее моделирование выполнялось для одноканальных систем массового обслуживания.

Теория массового обслуживания использовалась для аналитического описания работы однопостовой зоны ТО-1 автомобилей-самосвалов МАЗ-5516 как наиболее многочисленной группы. Данная зона ТО-1 моделировалась по методике, изложенной в [4], с помощью: одноканальной системы массового обслуживания (СМО) с простейшими потоками с ожиданием без ограничения длины очереди; одноканальной СМО с простейшими потоками с ожиданием с ограничением на длину очереди (длина очереди ограничивалась одним постом ожидания); одноканальной замкнутой СМО с простейшими потоками. При этом рассматривался установившийся режим работы СМО, когда вероятностные характеристики системы постоянны во времени. Для разомкнутой СМО интенсивность поступления требований на обслуживание определялась как величина обратная такту поста, а интенсивность обслуживания – как величина равная отношению годового количества обслуживаний ТО-1 для группы автомобилей одной модели к годовому фонду времени работы зоны ТО-1.

Имитационное моделирование позволяет исследовать СМО при различных типах входных потоков и разной интенсивности поступления требований в систему, а также различных дисциплинах обслуживания требований. Для имитационного моделирования процесса функционирования зоны ТО, использовалась система GPSS World Student Version 5.2.2. Выполнялось имитационное моделирование зоны ТО-1 и ТО-2 для всех моделей автомобилей-самосвалов, имеющих на предприятии. При составлении имитационной модели процесса функционирования зоны ТО, зона ТО рассматривалась: 1) в виде разомкнутой СМО с простейшими потоками; 2) в виде разомкнутой СМО с входящим потоком требований и потоком обслуживаний, распределенных по нормальному закону с заданными коэффициентами вариации; 3) в виде замкнутой СМО с простейшими потоками; 2) в виде замкнутой СМО с входящим потоком требований и потоком обслуживаний, распределенных по нормальному закону с заданными коэффициентами вариации. При этом предусматривалась возможность обслуживания очереди.

Для моделирования простейшего потока требований интервал времени между соседними событиями должен иметь показательное распределение [5]. Поэтому при имитационном моделировании зоны ТО, как разо-

мкнутой СМО, интервалы времени поступления автомобилей на ТО задавались по экспоненциальному закону с математическим ожиданием, равным отношению годового фонда времени работы зоны ТО к годовому количеству обслуживаний ТО для группы автомобилей одной модели, а интервалы времени на обслуживание одного автомобиля – также по экспоненциальному закону с математическим ожиданием равным такту поста.

При имитационном моделировании зоны ТО, как замкнутой СМО, использовался другой подход. Первоначально с помощью оператора GENERATE задавалось требуемое количество автомобилей. Затем выполняется задержка автомобиля на время выполнения транспортной работы до следующего ТО. Далее автомобиль проходит ТО и возвращается в систему для выполнения транспортной работы до следующего ТО. Цикл повторяется для каждого автомобиля в течение времени моделирования работы зоны ТО. Для простейшего потока требований интервалы времени поступления автомобилей на ТО, а также интервалы времени выполнения ТО задавались по экспоненциальному закону.

Математическое ожидание интервалов времени поступления автомобилей на обслуживание определялось как отношение годового фонда времени работы зоны ТО к годовому количеству технических обслуживаний для одного автомобиля. Математическое ожидание интервалов времени на обслуживание одного автомобиля принималось равным такту поста.

В работах [6, 7] указывается, что распределение фактического времени выполнения (фактической трудоемкости) ТО, распределение фактического времени поступления автомобилей на ТО, фактических пробегов до ТО подчиняется нормальному закону распределения с различными коэффициентами вариации. Поэтому при выполнении имитационного моделирования использовались также модели с входящим потоком требований и потоком обслуживаний, распределенных по нормальному закону с заданными коэффициентами вариации. Математическое ожидание для интервалов времени поступления на ТО, выполнения ТО, определялось как и для простейшего потока.

С целью определения фактического закона распределения интервалов времени поступления автомобилей-самосвалов на выполнение ТО выполнялась статистическая обработка данных, собранных в зоне ТО ПКК филиала «Автовокзал г. Бреста» ОАО «Брестоблавтотранс». Определение вида и параметров закона распределения, проверка его адекватности проводилась по методике, изложенной в [7].

Результаты аналитического моделирования зоны ТО-1 автомобилей-самосвалов с помощью теории массового обслуживания и имитационного моделирования наиболее близки для случая открытой СМО с простейшими потоками и временем моделирования работы зоны ТО один год.

В работе [6] приводятся данные, что распределение периодичности выполнения ТО-1 и ТО-2, а также распределения фактической трудоемко-

сти (времени выполнения) ТО-1 и ТО-2 подчиняются нормальному или логарифмически нормальному закону распределения. Также в работе [7] указывается, что нормальному закону подчиняется распределение пробегов автомобилей по календарным срокам (коэффициент вариации 0,10), периодичность профилактических работ (коэффициент вариации 0,20), трудоемкость групп операций регулярных профилактических работ (коэффициент вариации 0,26), а также трудоемкость групп операций профилактических работ и регламентированного по трудоемкости сопутствующего текущего ремонта (коэффициент вариации 0,26).

В результате статистической обработки данных, собранных в зоне ТО ПКК филиала «Автовокзал г. Бреста» ОАО «Брестоблавтотранс», установлено, что фактическое распределение времени поступления автомобилей-самосвалов на выполнение ТО подчиняется нормальному закону распределения с коэффициентом вариации 0,3586. Проверка адекватности вероятностной математической модели выполнялось с помощью критерия согласия Пирсона χ^2 . Расчетное значение критерия Пирсона χ^2 составило 1,533, что меньше критического значения 5,991 при доверительной вероятности 0,95 (уровень значимости 0,05) и числе степеней свободы 2 [7]. Значение коэффициента вариации 0,3586 можно объяснить неритмичностью работы автомобилей-самосвалов.

В дальнейшем выполнялось имитационное моделирование зоны ТО, при котором входящий поток требований на обслуживание и поток обслуживаний подчинялся нормальному закону распределения с указанными выше коэффициентами вариации.

При увеличении времени моделирования работы зоны ТО до двух лет годовое количество обслуживаний приближается к значению, полученному по типовому технологическому расчету, а коэффициент загрузки поста – к значению, полученному с помощью ТМО. Результаты имитационного моделирования с использованием замкнутой СМО значительно отличаются от типового технологического расчета и аналитического расчета с помощью ТМО: меньшее количество обслуживаний за год, коэффициент загрузки поста, поэтому для дальнейшего моделирования работы зоны ТО автомобилей-самосвалов использовалась открытая СМО с нормальным законом распределения входящего потока и потока обслуживания.

Результаты имитационного моделирования зоны ТО автомобилей-самосвалов ПКК филиала «Автовокзал г. Бреста» ОАО «Брестоблавтотранс» (моделирование выполнялось с помощью открытой СМО с нормальным законом распределения входящего потока и потока обслуживания, коэффициент вариации времени выполнения ТО составлял 0,26, а времени поступления на ТО – 0,2; время моделирования работы зоны ТО – 2 года) показали, что годовое количество технических обслуживаний, определенное с помощью имитационного моделирования, совпадает с результатами типового технологического расчета, а коэффициент загрузки

поста (расчетное количество постов) при технологическом расчете в 1,4 раза для ТО-1 и в 1,42 раза для ТО-2 выше, чем при имитационном моделировании (табл. 1). Данные величины близки к коэффициенту резервирования постов $\varphi=1,4$, который используется при технологическом расчете [2, 3].

Таблица 1.

Сравнение результатов имитационного моделирования и типового технологического расчета зоны ТО автомобилей-самосвалов

Модель автомобиля	Имитационное моделирование		Типовой технологический расчет	
	Количество обслуживаний в год	Коэффициент загрузки поста	Количество обслуживаний в год	Коэффициент загрузки поста
Зона ТО-1				
МАЗ-5516	217,5	0,266	217,54	0,375
МАЗ-6501	6,5	0,009	6,9	0,01
МАЗ-5551	75	0,107	74,1	0,15
Всего	299	0,382	298,54	0,535
Зона ТО-2				
МАЗ-5516	69	0,199	67,9	0,28
МАЗ-6501	6	0,019	6,6	0,03
МАЗ-5551	22,5	0,077	23,2	0,11
Всего	97,5	0,295	97,7	0,42
Всего зона ТО	396,5	0,677	396,24	0,955

Проведенный анализ методик моделирования позволяет рекомендовать для моделирования и оптимизации структуры зоны ТО имитационные модели, в которых зона ТО рассматривается как открытая СМО с нормальным законом распределения входящего потока и потока обслуживания с коэффициентами вариации, рекомендованными в [7]. Для конкретного предприятия средние значения времени поступления на ТО и времени выполнения ТО и их коэффициенты вариации можно определить по результатам статистической обработки данных о работе зоны ТО. Применение данных имитационных моделей позволяет более точно определить требуемое количество постов ТО и сократить их количество.

По результатам моделирования зоны ТО автомобилей-самосвалов ПКК филиала «Автовокзал г. Бреста» ОАО «Брестоблавтотранс» можно рекомендовать объединение работ ТО-1 и ТО-2 и использование одного универсального поста ТО.

Разработанные имитационные модели используются студентами специальности 1 – 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» для оптимизации структуры зоны ТО АТП при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Основы научных исследований и инновационной деятельности» и дипломного проектирования.

Список литературы

1. ТКП 248-2010 (02190). Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения. – Мн.: РУП «БелНИИТ «Транстехника»», 2010. 44 с.
2. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта: ОНТП-01-91. М.: Росавтотранс, 1991. 79 с.
3. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: Учебник / М.М.Болбас, Н. М. Капустин, А. С. Савич и др.; Под ред. М. М. Болбаса - Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2004. 528 с.
4. Лабскер Л. Г., Бабешко Л. О. Теория массового обслуживания в экономической сфере: Учеб. пособие для вузов. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. 319 с.
5. Кудрявцев Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. М.: ДМК Пресс, 2004. 320 с.
6. Захаров Н. С. Определение параметров зоны технического обслуживания с учетом неравномерности поступления автомобилей / Н. С. Захаров, Г. В. Абакумов, Е. С. Шевелев. Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. 132 с.
7. Научные исследования и решение инженерных задач: Учебн. пособие/ С. С. Кучур, М. М. Болбас, В. К. Ярошевич. Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2003. 416 с.

Монтик Сергей Владимирович, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой, svmontik@mail.ru, Беларусь, Брест, Брестский государственный технический университет

SIMULATION OF STRUCTURE OF INDUSTRIAL SUBDIVIDINGS ON MAINTENANCE OF VEHICLES

S.V. Montik

The techniques of simulation of structure of a zone of maintenance of automobiles with usage of queueing theory and simulation modeling in the system GPSS World on an example of a zone of maintenance of dump trucks of JSC "Brestoblavtotrans" are considered. On a foundation of the carried out computational experiment it is offered for simulation and optimization of structure of a zone of maintenance to use simulation models, in which it is considered as open systems of queueing with the normal law of allocation of a going into stream and stream of a service.

Keywords: vehicle maintenance area, simulation modeling, queueing theory

Montik Sergey Vladimirovich, candidate of technical science, docent, manager of department, svmontik@mail.ru, Belarus, Brest, Brest State Technical University