

УДК 65.011.56

МЕТОДИКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА В АВТОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

¹Петров М.Н., ²Суетова А.А.¹*Сибирский государственный аэрокосмический университет**имени академика М.Ф. Решетнёва, Красноярск, e-mail: mnp_kafaes@mail.ru;*²*Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Абакан, e-mail: alena_suetova2@mail.ru*

Настоящая статья посвящена разработке методики математического моделирования технологического процесса ремонта в автосервисных предприятиях, позволяющая определять показатели, характеризующие качество функционирования сервисной зоны, которые дают возможность оценить степень загрузки системы, качество обслуживания поступающих заявок и снизить экономические риски, возникающие при неоптимальной организации работы сервисной зоны. Для разработки моделирующего алгоритма сервисная зона была рассмотрена как многоканальная, имеющая kp постов, замкнутая СМО без ограничений на очередь, однофазная с дисциплиной обслуживания FIFO. Разработаны формулы для описания функционирования математической модели. Разработанная методика была реализована в программе «Управление рисками с применением имитационного моделирования на автосервисных предприятиях». Проведено испытание (тестирование) программы на предприятии, даны рекомендации для оптимизации управления технологическим процессом ремонта.

Ключевые слова: управление технологическим процессом, сервисная зона, математическая модель, имитационное моделирование, минимизация затрат

METHODS MATHEMATICAL MODELING TECHNOLOGICAL PROCESS OF REPAIR IN THE ENTERPRISE CAR SERVICE

¹Petrov M.N., ²Suetova A.A.¹*Reshetnev Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk, e-mail: mnp_kafaes@mail.ru;*²*Khakas Technical Institute – Branch of the Siberian Federal University,
Abakan, e-mail: alena_suetova2@mail.ru*

This article is devoted to the development of methods of mathematical modeling of the process of repair in the enterprise car service, allowing to determine the parameters describing the quality of the functioning of the service zone. Which make it possible to assess the degree of loading system, the quality of service of incoming applications and reduce economic risks arising from not optimal organization of the service area. To develop a simulation algorithm service area has been considered as a multi-channel having kp posts, closed queuing system without restriction on the length of the queue with discipline services FIFO. Develop a formula to describe the functioning of a mathematical model. The developed method has been implemented in the «Risk management using simulation to enterprise car service». A test (testing) program at the company, recommendations for optimizing technological process control repair.

Keywords: technological process control, service area, mathematical model, simulation, cost minimization

Повышение эффективности управления технологическим процессом ремонта для автосервисных предприятий может быть достигнуто путем оптимизации организации работы сервисной зоны. Для обеспечения качества услуг на автосервисных предприятиях производственные мощности должны быть определены по пиковому спросу, но при этом наличие ремонтных постов с низким коэффициентом загрузки увеличивает убытки от содержания сервисной зоны.

В связи с этим будет актуально научное исследование, целью которого является разработка математического аппарата и методики, позволяющих до начала строительства и реконструкции, а также в процессе

функционирования автосервисных предприятий оценивать показатели эффективности работы сервисной зоны, в короткие сроки проводить оценку происходящих изменений и оценивать их влияние на состояние и перспективы развития предприятия.

Отличительной чертой автосервисных предприятий является то, что они принимают посторонние заявки, а не обслуживают только закрепленные за предприятием автомобили. При этом прибывший автомобиль покидает очередь не обслуженным в случае отсутствия свободных постов ремонта и ожидания. А это означает, что недостаточное количество постов приводит к отказам клиентам в обслуживании,

а следовательно, предприятие несет убытки, но при этом наличие излишнего числа постов приводит к их простоям и владелец также несет убытки от содержания постов, имеющих низкий коэффициент загрузки. Таким образом, нахождение оптимального количества постов сервисной зоны предприятия позволит минимизировать экономические риски группы А.

Информационная система управления технологическим процессом ремонта на автосервисном предприятии включает в себя:

1 модуль обработки статистической информации, который включает:

– модуль определения закона распределения интервалов заездов автомобилей в сервисную зону;

– модуль определения закона распределения длительности обслуживания и ремонтов;

2 модуль моделирования, который включает:

– модуль определения основных характеристик функционирования сервисной зоны, описание функционирования математической модели представлено формулами.

Вероятность простоя сервисной зоны:

$$P_0 = \frac{tvs}{tend}, \quad (1)$$

где tvs – время, когда все посты свободны; $tend$ – время конца моделирования.

Вероятность ремонта:

$$P_{отр} = \frac{koz}{(kz + kot)}, \quad (2)$$

где koz – количество обслуженных заявок за время $tend$, автомобилей; kz – общее число заявок в системе; kot – количество заявок, которым отказали в обслуживании.

Вероятность отказа в ремонте:

$$P_{отк} = \frac{kot}{(kz + kot)}. \quad (3)$$

Пропускная способность сервисной зоны автомобилей в ч:

$$Q_{abc} = \frac{koz}{tend}. \quad (4)$$

Среднее количество занятых постов:

$$M[K] = 0 \cdot P_0 + 1 \cdot P_1 + 2 \cdot P_2 + \dots + n \cdot P_n, \quad (5)$$

где P_1, P_2, \dots, P_n – вероятность одновременной занятости 1, 2, ..., n постов.

Вероятность занятости 1, 2, ..., n постов:

$$P_{1,2,\dots,n} = \frac{tr_{1,2,\dots,n}}{tend}, \quad (6)$$

где $tr_{1,2,\dots,n}$ – время одновременной занятости 1, 2, ..., n постов.

Среднее число свободных постов:

$$M[\gamma] = n - M[K], \quad (7)$$

где n – количество ремонтных постов.

Среднее количество заявок в очереди:

$$M[S] = (n+1) \cdot P_{(n+1)} + (n+2) \cdot P_{(n+2)} + \dots + m \cdot P_m, \quad (8)$$

где $P_{(n+1)}, P_{(n+2)}, \dots, P_m$ – вероятность того, что в очереди будет одновременно 1, 2, ..., m заявок.

Вероятность того, что в очереди будет одновременно 1, 2, ..., m заявок:

$$P_{(n+1),(n+2),\dots,m} = \frac{tdo_{(n+1),(n+2),\dots,m}}{tend}, \quad (9)$$

где $tdo_{(n+1),(n+2),\dots,m}$ – время при заданном количестве автомобилей в очереди.

Среднее время ожидания заявки в очереди:

$$t_{ср.ожид} = \frac{\sum_{i=1}^{kz} t_{ср.ожид}}{kz}, \quad (10)$$

где $\sum_{i=1}^{kz} t_{ср.ожид}$ – суммарное время, в течение которого каждая заявка находилась в очереди.

Среднее время обслуживания заявки:

$$t_{ср.обсл} = \frac{\sum_{i=1}^{kz} t_{ср.обсл}}{kz}, \quad (11)$$

где $\sum_{i=1}^{kz} t_{ср.обсл}$ – суммарное время, в течение которого каждая заявка находилась на обслуживании.

Среднее время пребывания заявки в сервисной зоне, т.е. в очереди и на ремонте:

$$t_{сум} = t_{ср.ожид} + t_{ср.обсл}. \quad (12)$$

Вероятность простоя всей системы:

$$P_{прост.сис} = \frac{tpv}{tend \cdot n}, \quad (13)$$

где tpv – суммарное время простоя всей системы.

Коэффициент простоя постов:

$$K_{прост} = \frac{M[\gamma]}{n}. \quad (14)$$

Коэффициент занятости постов:

$$K_{занят} = \frac{M[K]}{n}. \quad (15)$$

Учитывая, что для сервисной зоны автосервисного предприятия сумма вероятности отказа и вероятности ремонта в теории

должна быть равна 1, мы можем оценить погрешность моделирования:

$$pogr = |1 - (P_{отн} + P_{отк})| \cdot 100\%. \quad (16)$$

Полученные показатели функционирования сервисной зоны позволяют управлять технологическим процессом ремонта с учетом оценки степени загрузки системы, качества обслуживания поступающих заявок и снизить экономические риски, возникающие при не оптимальной организации работы сервисной зоны:

– модуль определения оптимальных результатов моделирования включает определение функции цели и расчет соответствующих показателей при минимальных затратах.

Обобщенная формула функции цели для управления технологическим процессом ремонта в автосервисных предприятиях, имеет вид

$$C_o = C_{oz} \cdot koz + C_{op} \cdot trp + C_{pp} \cdot tpv + C_{ot} \cdot kot, \quad (17)$$

где C_{oz} – цена обслуживания автомобиля, руб. в ч; C_{op} – затраты на содержание поста, руб. в ч; C_{pp} – цена простоя поста, руб. в ч; C_{ot} – стоимость отказа в обслуживании одной заявки, руб.; trp – время работы всех постов за $tend$, ч.

Модуль обработки статистической информации предназначен:

– для ввода входных параметров для моделирования работы сервисной зоны автосервисного предприятия, а именно вариационного ряда интервалов заездов автомобилей в сервисную зону и вариационного ряда длительности обслуживания и ремонтов, затрат на содержание поста, цены простоя поста и обслуживания автомобиля, стоимости отказа, а также количества постов ожидания;

– для последующей статистической обработки экспериментальных данных вероятностными законами, вывода данных о принятом законе распределения с определенным уровнем значимости, коэффициента вариации, математического ожидания, параметров закона распределения, построения графиков теоретических вероятностей и плотностей распределения.

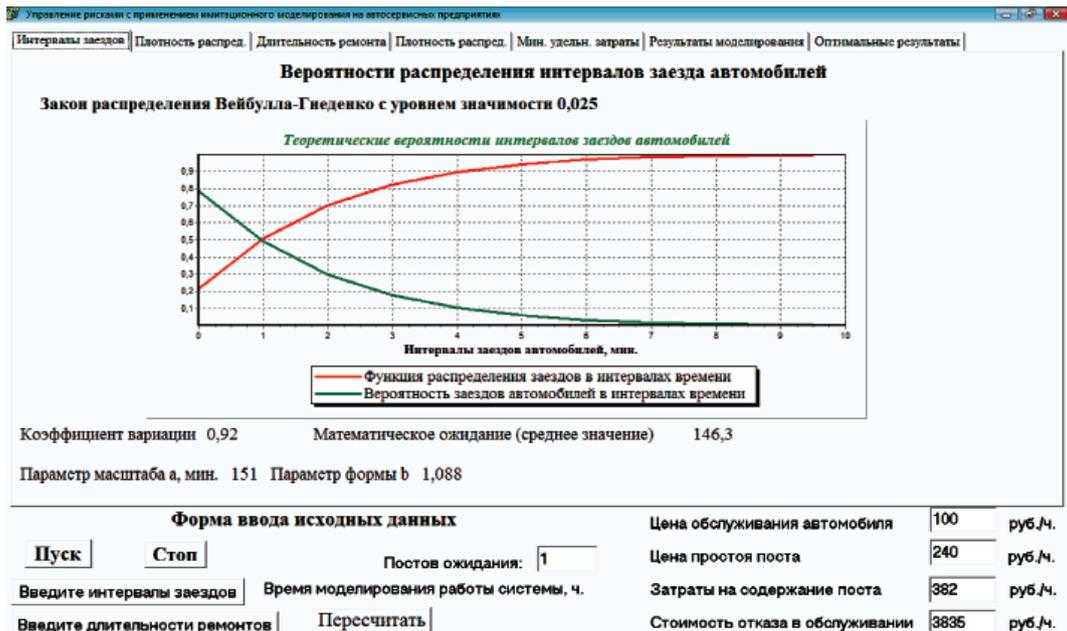
Модуль моделирования предназначен:

– для моделирования работы сервисной зоны, определения основных характеристик функционирования при количестве постов от 1 до 100;

– для выбора оптимального планового решения сервисной зоны, посредством выбора варианта, соответствующего минимальному значению функции цели, снижающему экономические риски.

На рисунке показаны фрагменты экранной формы модуля обработки статистической информации.

Разработанная методика математического моделирования технологического процесса ремонта в автосервисных предприятиях была реализована в программе «Управление рисками с применением имитационного моделирования на автосервисных предприятиях». Планирование эксперимента и проведение испытаний программы проводились на предприятии, анализ производственной деятельности которого за 2013 год позволил выявить, что средние затраты на содержание поста в час составляют 382 руб., средняя цена простоя поста в час – 240 руб., средняя цена обслуживания автомобиля – 100 руб., средняя стоимость отказа в обслуживании автомобиля – 3835 руб.,



Вид экранной формы: Вероятности распределения интервалов заезда автомобилей

количество постов ожидания равно 1. В результате сбора стохастических данных на предприятии в январе – июне 2013 г. были составлены вариационные ряды интервалов заездов автомобилей на пост диагностирования, технического обслуживания (ТО) и ремонта систем и механизмов двигателей и длительностей технических воздействий.

Обработка входных данных дала следующие результаты.

Интервалы заездов автомобилей в сервисную зону распределены по закону распределения Вейбулла–Гнеденко с уровнем значимости 0,025, коэффициент вариации – 0,92, математическое ожидание 146,3, параметр масштаба a – 151 мин., параметр формы b – 1,088.

Длительности ремонта автомобилей распределены по закону распределения Вейбулла – Гнеденко с уровнем значимости 0,1, коэффициент вариации – 0,63, математическое ожидание 209,2, параметр масштаба a – 234 мин., параметр формы b – 1,656.

Можно сделать вывод, что в заданных условиях число постов для сервисной зоны, обеспечивающее максимальный экономический эффект, должно быть равно 1, при этом часовые расходы денежных средств предприятием C_0 составят 371 руб., а годовые 1131550 руб. При этом 58% прибывающих автомобилей будут поставлены для немедленного обслуживания и 42% получают отказ. Среднее время ожидания в очереди автомобилем составит 1,87 часа, а средняя длина очереди – 0,45.

Если сравнить полученные значения показателей работы сервисной зоны с одним рабочим постом при одном посте с точки зрения владельца и клиента, то получается, что вероятность обслуживания мала, то есть значительное количество клиентов покидают сервисную зону неудовлетворенными. Таким образом, потенциальные доходы владельца от указанных клиентов будут потеряны. В связи с тем, что средняя длина очереди имеет значительную величину, клиенту приходится долго стоять в очереди, прежде чем он попадет на ремонт. Клиенты, которые долго стоят в очереди, могут уйти, не дождавшись обслуживания. Все места ожидания в очереди используются достаточно эффективно, значит, вложения владельца на организацию очереди окупают затраты на нее.

Одним из критериев качества работы сервиса является полное удовлетворение запросов потребителей его услуг.

С точки зрения маркетинга качество услуг – это мера соответствия формы и содержания услуг потребностям владельца. Под качеством услуги понимаются качество и культура обслуживания клиентов, а также качество технического обслуживания и ремонта автомобилей.

Удовлетворение потребностей клиентов более важно для СТО по сравнению с эф-

фективностью производства, поскольку эта эффективность зависит от того же клиента. Для обеспечения качества услуг производственные мощности рассчитываются по пиковому спросу, однако нельзя забывать и об экономической эффективности, иначе значительно возрастет влияние рисков, отнесенных к группе А.

Анализируя результаты расчета при числе постов, равном 2, часовые расходы денежных средств предприятием C_0 составят 660 руб., а годовые 2013000 руб. При этом 86% прибывающих автомобилей будут поставлены для немедленного обслуживания и 14% получают отказ. Среднее время ожидания в очереди автомобилем составит 0,45 часа, а средняя длина очереди 0,16.

Таким образом, при сравнении двух вариантов планировки сервисной зоны: 1 ремонтный пост и 2, несмотря на то, что для увеличения прибыли и уменьшения расходов до минимума исследуемая СТО должна иметь 1 пост, а годовые расходы денежных средств предприятием при 2 постах будут выше на 881450 руб., для удовлетворения потребностей клиентов исследуемая СТО должна иметь 2 поста по ТО и ремонту двигателя.

Итак, разработанная математическая модель и информационная система управления технологическим процессом ремонта для автосервисных предприятий позволяют проводить оценку работы сервисной зоны с точки зрения минимизации затрат на их функционирование.

Список литературы

1. Завадский Ю.В. Определение оптимальных решений в задачах автомобильного транспорта. – М.: МАДИ, 1983. – 61 с.
2. Ковалев М.Я. Исследование операций. – Минск: БГУ, 2004. – 46 с.
3. Олейников А.В. Управление системой профилактики на транспорте: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01: защищена 16.07.2006; утв. 10.11.2006. – Красноярск, 2006. – 164 с.
4. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. – М.: Наука, 1968. – 64 с.
5. Тынкевич М.А. Экономико-математические методы (исследование операций). – Кемерово, 2000. – 177 с.

References

1. Zavadskij Ju.V. Opredelenie optimalnyh reshenij v zadachah avtomobil'nogo transporta. M.: MADi, 1983. 61 p.
2. Kovalev M.Ja. Issledovanie operacij. Minsk: BGU, 2004. 46 p.
3. Olejnikov A.V. Upravlenie sistemoj profilaktiki na transporte: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.13.01: zashchishhena 16.07.2006; utv. 10.11.2006. Krasnojarsk, 2006. 164 p.
4. Sobol I.M. Metod Monte-Karlo. M.: Nauka, 1968. 64 p.
5. Tynkevich M.A. Jekonomiko-matematicheskie metody (issledovanie operacij). Kemerovo, 2000. 177 p.

Рецензенты:

Муслимов А.П., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Приборостроение», Кыргызско-Российский славянский университет им. Б. Ельцина, г. Бишкек;

Давлятов У.Р., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Автомобильный транспорт», Кыргызский государственный технический университет, им. И. Раззакова, г. Бишкек.