

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №6, Том 13 / 2021, No 6, Vol 13 <https://esj.today/issue-6-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/01ECVN621.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Белов, С. А. Результаты моделирования показателей малых предприятий в конкурентной среде автосервиса как системы массового обслуживания / С. А. Белов, Х. М. Тахтамышев, Ю. Х. Гукетлев // Вестник евразийской науки. — 2021. — Т. 13. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/01ECVN621.pdf>

For citation:

Belov S.A., Takhtamyshev Kh.M., Guketlev Yu.Kh. Results of modeling indicators of small businesses in the competitive environment of car service as queuing systems. *The Eurasian Scientific Journal*, 13(6): 01ECVN621. Available at: <https://esj.today/PDF/01ECVN621.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 334.02

ГРНТИ 73.31

Белов Сергей Александрович

ГАОУ ВО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт», Невинномысск, Россия
Доцент кафедры «Строительства, транспорта и машиностроения»
E-mail: belovmail@yandex.ru

Тахтамышев Хизир Махмудович

ГАОУ ВО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт», Невинномысск, Россия
Профессор кафедры «Строительства, транспорта и машиностроения»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: hizirt43@mail.ru

Гукетлев Юсуф Хаджибирамович

ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», Майкоп, Россия
Профессор кафедры «Организации и управления транспортными процессами»
Доктор экономических наук, профессор
E-mail: guketlevuh@mail.ru

**Результаты моделирования показателей
малых предприятий в конкурентной среде автосервиса
как системы массового обслуживания**

Аннотация. В статье отмечается, что в настоящее время система автосервиса страны испытывает серьезное воздействие факторов внешней среды и в первую очередь конкуренции. Возникают также дополнительные трудности, обусловленные вероятностным характером входящего потока заявок и восстановлений, что приводит к неравномерной загрузке производственных мощностей особенно малых предприятий автосервиса, которые ввиду недостаточности финансовых возможностей их владельцев являются наиболее уязвимыми в условиях конкурентной среды.

Авторами отмечается, что для разработки научных рекомендаций по оптимизации функционирования для этой группы предприятий необходимо располагать исходными данными в широком диапазоне определяющих уровень загрузки мощностей факторов. Для решения подобного класса задач традиционно используется математическое моделирование исследуемых процессов. В данном случае авторами были проведены исследования с помощью аналитических выражений теории массового обслуживания при двух основных типах

организации взаимодействия исполнителей на постах и различном количестве постов: при отсутствии взаимопомощи и при полной взаимопомощи.

Полученные семейства кривых позволяет количественно прогнозировать уровень загрузки мощности в зависимости от допустимой длины очереди автомобилей и оценить эффект от взаимопомощи исполнителей на постах при различных исходных параметрах и вырабатывать оптимальные управленческие решения с учетом стоимостных значений потери клиентов и простоев исполнителей на постах.

Установленные закономерности производственных процессов позволяют все же количественно оценить взаимосвязи между уровнем загрузки и допустимой длиной очереди автомобилей и вырабатывать управленческие решения с учетом стоимостных значений потери клиентов и простоев исполнителей.

Ключевые слова: гаражный автосервис; техническое обслуживание; ремонт; автомобили; автосервис; теория массового обслуживания; очередь; предприятие; оптимизация; вероятность; спрос; мощность; пост. уровень загрузки; система массового обслуживания; посты; автосервисные предприятия; восстановление; автомобили; заявка; мощность; оптимизация; функционирование; конкуренция; показатели; математические модели

Введение

В настоящее время система автосервиса страны представляет собой разветвленную сеть малых, средних и крупных предприятий, расположенных в мегаполисах, городах и населенных пунктах, которые обслуживают ежегодно возрастающий парк автомобилей [1; 2]¹. Как и вся сфера услуг, система автосервиса испытывает воздействие факторов внешней среды и в первую очередь конкуренции.

Наряду с этим фактором в сети автосервиса дополнительно возникают серьезные трудности, обусловленные спецификой входящих потоков заявок и восстановления работоспособности автомобилей. Вероятностный характер входящего потока заявок и восстановлений приводит к неравномерной загрузке производственных мощностей и, соответственно, простоям персонала и производственно-технической базы. Более того, входящий поток заявок в большинстве случаев является не только стохастичным, но и нестационарным в течение дня, недели, сезона, что приводит к рискам потери клиентов в пиковые периоды потоков заявок.

Такой набор неблагоприятных факторов создает огромные трудности особенно для малых предприятий автосервиса. При этом надо отметить, что сформировавшаяся в последние десятилетия структура предприятий системы автосервиса в стране свидетельствует о значительном преобладании таких малых предприятий, располагающих от одного до пяти постов технического обслуживания и ремонта. Как правило, эти предприятия являются специализированными по небольшой номенклатуре работ ввиду недостаточности финансовых возможностей их владельцев и являются наиболее уязвимыми в условиях конкурентной среды.

В этой связи для этой группы предприятий становится актуальным выбор профиля деятельности в конкурентной среде с учётом спроса на автосервисные услуги конкретной номенклатуры.

¹ Терешин О.В. Инструментарий эффективного использования ресурсного потенциала автосервисных предприятий. Автореферат на соискание ученой степени канд. экон. наук, Уфа, 2012.

При снижении спроса на конкретный перечень операций технического обслуживания и ремонта перепрофилирование гаражных автосервисов представляет большую сложность не только из-за необходимости приобретения нового оборудования, но и получения соответствующих компетенций персоналом на уровне, обеспечивающем конкурентоспособность в сети автосервиса.

В качестве гипотезы выдвигается предположение, что ведущим параметром, определяющим уровень загрузки мощности, является средняя длина очереди автомобилей.

Для достижения цели исследования, состоящей в разработке научных рекомендаций по оптимизации функционирования для этой группы предприятий, необходимо располагать исходными данными в широком диапазоне, определяющих уровень загрузки мощностей, факторов [2; 3]. Очевидно, что сбор статистических данных для выявления закономерностей функционирования автосервисных предприятий (АСП) в необходимом объеме требует огромных затрат на проведение длительных натурных наблюдений.

Методы исследований

В этой связи для решения подобного класса задач используется традиционно математическое моделирование исследуемых процессов [4–6]. В данном случае для этих целей предлагается математический аппарат теории массового обслуживания и имитационный метод статистического моделирования (метод Монте-Карло) [7]. Аналитические выражения теории массового обслуживания позволяют аппроксимировать исследуемые процессы с ограничением по законам распределения: а именно входящий поток принимается пуассоновским, а время обслуживания подчиняется экспоненциальному распределению, что не всегда соответствует реальным законам [6].

В отличие от аналитических выражений теории массового обслуживания имитационное моделирование по методу Монте-Карло является более гибким и позволяет имитировать реальные стохастические нестационарные процессы, однако громоздкость и сложность алгоритмов затрудняет их использование на практике [7]. Поэтому часто для поиска закономерностей процессов используются аналитические методы теории массового обслуживания, которые дают приемлемые результаты для установления закономерностей изменения уровня загрузки постов с допустимой погрешностью для принятия оптимизационных решений [4]. В этой связи были проведены исследования с помощью аналитических выражений теории массового обслуживания при двух основных типах организации взаимодействия исполнителей на постах и различном количестве постов: при отсутствии взаимопомощи и при полной взаимопомощи [4]. Приведенные выше рассуждения по формированию дисциплины очереди, предполагающей допущение m автомобилей в ожидании обслуживания, а $n + m + 1$ — автомобиль покидает систему, позволяют использовать результаты математических выкладок [4] для расчета показателей АСП как систем массового обслуживания (СМО) при двух вариантах организации труда: при отсутствии взаимопомощи между исполнителями на постах ремонта и полной взаимопомощи исполнителей на постах ремонта.

Согласно этим выкладкам расчетные выражения для модели без взаимопомощи между исполнителями имеют следующий вид:

1. Вероятность того, что все посты заняты, но очереди нет, равна:

$$P_n = \frac{P(n, \alpha)}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha) \cdot \psi \cdot (1 - \psi^m) / (1 - \psi)} \quad (1)$$

2. Вероятность того, что все n постов заняты, а в очереди находится m автомобилей (вероятность ухода автомобиля из системы):

$$P_n + m = \psi^m \cdot P_n \quad (2)$$

3. Среднее число незанятых постов:

$$M_n = n - M_p = n - \alpha \cdot (1 - \psi^m \cdot P_n) \quad (3)$$

4. Среднее число автомобилей в очереди:

$$M_a = P_n \cdot \psi \cdot \frac{1 - \psi^m \cdot [n \cdot (1 - \psi) + 1]}{(1 - \psi)^2} \quad (4)$$

5. Число автомобилей, покинувших очередь:

$$\lambda_0 = \lambda \cdot \psi^m \cdot P_n \quad (5)$$

6. Среднее время пребывания автомобиля в очереди:

$$t_{ож} = M_a / \lambda \quad (6)$$

Для случая, когда взаимопомощь исполнителей возможна, выражения для расчета показателей системы массового обслуживания имеют вид [4]:

1. Вероятность того, что автомобиль покинет систему:

$$P_n = m \cdot \psi \cdot n \cdot \frac{1 - \psi^m + 1}{1 - \psi^n + m + 1} \quad (7)$$

2. Среднее число незанятых постов:

$$M_n = n - M_p = n - \frac{\psi - \psi^m + 2}{1 - \psi^m + 2} \quad (8)$$

3. Число автомобилей, покинувших систему:

$$\lambda_0 = \lambda \cdot P_n + m \quad (9)$$

4. Среднее время ожидания заявки в очереди:

$$t_{ож} = M_a / \lambda \quad (10)$$

где ψ^m — средний уровень загрузки постов ремонта при длине очереди автомобилей, равной m автомобилей; M_p — среднее число занятых постов.

Адекватность математических моделей теории массового обслуживания реальным процессам технического обслуживания, ремонта и диагностики автомобилей в условиях автосервисных предприятий доказана в многочисленных работах различных авторов [2; 8; 9], однако при этом не проводились исследования показателей предприятий при различных уровнях загрузки и двух наиболее типичных вариантах взаимопомощи исполнителей на постах ремонта и диагностики. Между тем, получение вышеприведенных показателей при различных

значениях исходных параметров автосервисных предприятий на практике путем проведения натуральных наблюдений практически нереализуемая задача. В этой связи моделирование функционирования автосервисов с помощью выражений теории массового обслуживания становится единственным средством определения показателей автосервисных предприятий при широком диапазоне исходных параметров.

Результаты и обсуждение

В этой связи были рассмотрены различные ситуации и получены результаты, по которым авторами были разработаны номограммы (рис. 1–3), позволяющие установить эффект от взаимопомощи исполнителей при изменении уровней загрузки постов для различных типов предприятий. Так, по автостоянкам, для которых характерен немедленный уход автомобилей при отсутствии свободных мест, вероятность того, что очередной автомобиль покинет предприятие, меняется в зависимости от уровня загрузки и количества мест стоянки согласно номограмме (рис. 1).

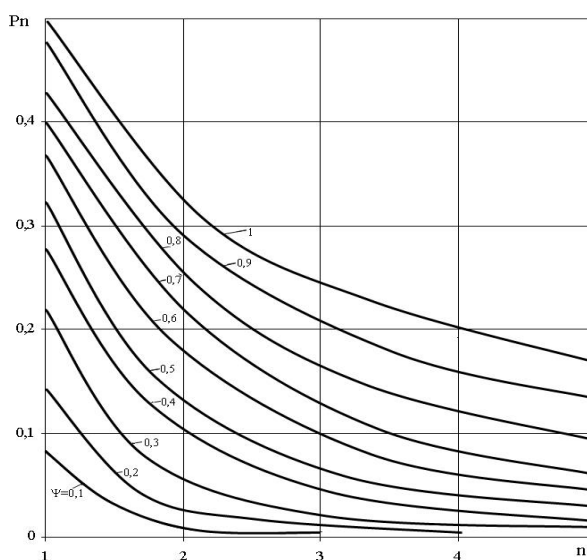


Рисунок 1. Изменение вероятности отказа в обслуживании автомобилей P_n при полной взаимопомощи исполнителей и нулевом времени ожидания ($t_{ож} = 0$)

Если клиенты более "терпеливы", то вероятности ухода автомобилей в зависимости от уровня загрузки значительно снижаются. По результатам моделирования, вероятность ухода очередного автомобиля в значительной мере зависит от средней длины очереди автомобилей. Так, при наличии трех постов и уровне загрузки = 0,5 при отсутствии очереди ($t_{ож} = 0$) вероятность ухода равна 0,1, а при уровне загрузки 0,9, вероятность ухода растет до 0,25 (рис. 2). При допущении одного автомобиля в очереди вероятности ухода автомобилей снижаются соответственно до 0,04 и 0,19.

Аналогично по мере увеличения допустимых значений средней длины очереди (кривые 3, 4, 5, 6) вероятности ухода автомобилей из очереди значительно снижаются.

Подобная картина имеет место и для случая, когда исполнители на постах не оказывают взаимопомощи (рис. 3). Так, при недопущении очереди ($m = 0$) при уровне загрузки 0,5 вероятность ухода очередного автомобиля равна 0,21, а при уровне загрузки 0,9 вероятность ухода растет до 0,35. При этом по мере возрастания допустимой длины очереди от 1 до 5 вероятности ухода автомобилей, как и при отсутствии взаимопомощи исполнителей, также значительно снижаются (кривые 2, 3, 4, 5, рис. 3). Между тем, сравнение вероятностей ухода

автомобилей при двух вариантах взаимодействия исполнителей позволяет количественно оценить эффект от взаимопомощи исполнителей на постах.

Так, по приведенному выше анализу значений вероятностей ухода автомобилей для конкретных значений уровня загрузки и средней длины очереди, взаимопомощь позволяет снизить вероятность ухода автомобиля (потери клиента) при длине очереди, равной единице, с 0,21 до 0,1 при уровне загрузки 0,5, а при уровне загрузки 0,9 снизить долю потери клиентов с 0,35 до 0,25 (рис. 2, 3).

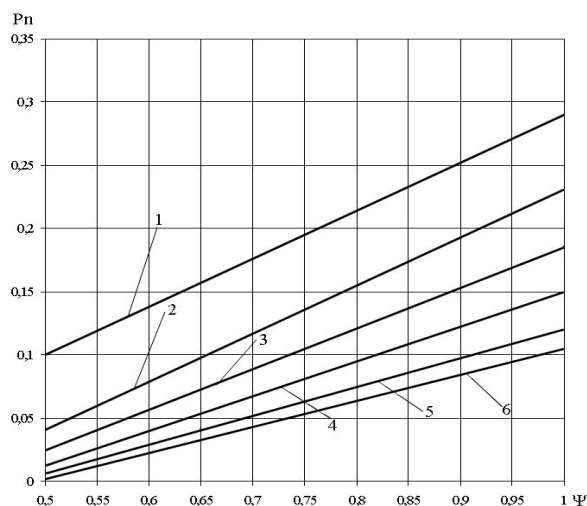


Рисунок 2. Изменение вероятности ухода автомобиля из очереди P_n в зависимости от уровня загрузки трех-постовой СТО при полной взаимопомощи трех исполнителей при изменении допустимой очереди в пределах $m = 0-5$ автомобилей (кривые 1–6 соответственно)

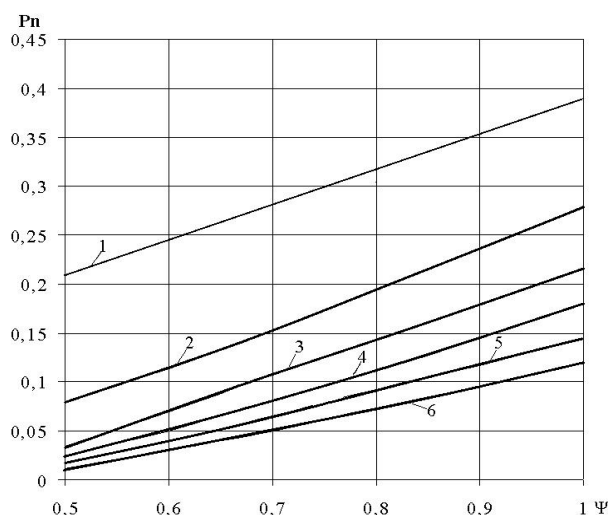


Рисунок 3. Изменение вероятности ухода автомобиля из очереди P_n в зависимости от значения уровня загрузки Ψ при длине очереди автомобилей $m = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ (кривые 1–6 соответственно) при отсутствии взаимопомощи и трех постах обслуживания

Аналогичная картина наблюдается и для других значений средней длины очереди автомобилей (кривые 3, 4, 5, рис. 2, 3). Полученное семейство кривых позволяет количественно прогнозировать уровень загрузки в зависимости от допустимой длины очереди автомобилей и оценить эффект от взаимопомощи исполнителей на постах. Однако, на практике, как указывалось выше, входящий поток заявок является нестационарным и имеют место пиковые

и минимальные значения интенсивности, что приводит в различные моменты времени в одних случаях к простоям постов, в других — к массовой потере клиентов.

В этой связи предприятия стараются снизить нестационарность загрузки постов различными приемами, в том числе, и при помощи взаимопомощи исполнителей на постах. Наряду с этим, предприятия стараются влиять на входящий поток заявок путем налаживания коммуникации с постоянными клиентами за счет переноса заявок на более поздние сроки, а также привлечения дополнительного числа исполнителей в пиковые часы.

Выводы

В качестве выводов можно отметить, что установленные закономерности производственных процессов позволяют количественно оценить взаимосвязи между уровнем загрузки и допустимой длиной очереди автомобилей и вырабатывать управленческие решения с учетом стоимостных значений потери клиентов и простоев исполнителей. Очевидно, что оптимальные решения будут зависеть от соотношения потерь предприятий от ухода автомобилей и издержек простоя исполнителей и производно-технической базы предприятий. В каждом случае оптимальные решения будут зависеть от технико-экономических показателей использования мощности предприятий автосервиса. Заметим, что полученные закономерности характерны для малых предприятий автосервиса (гаражного автосервиса), небольшие масштабы которых позволяют допускать полную взаимопомощь между исполнителями. Для крупных предприятий адекватными являются математические модели, исключающие полную взаимопомощь между исполнителями ввиду ограниченности фронта работ на одном автомобиле при выполнении ремонта и диагностики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полуэктов, М.В. Система автосервиса России: состояние, проблемы и перспективы / М.В. Полуэктов, В.В. Савельев // Автотранспортное предприятие. — 2015. — № 8. — С. 45–47.
2. Совершенствование услуг автосервисных предприятий. Монография. Под ред. Насретдинова И.Т. М: РУСАЙНС, 2016, 166 с.
3. Сутова А.А. Оптимизация процесса управления технологическим процессом ремонта в сервисных зонах предприятий автотранспортного комплекса. Журнал: Фундаментальные исследования. — 2015. — № 9 (часть 1) — С. 71–75.
4. Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. — М.: Машиностроение, 1969 — 323 с.
5. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложения. Пер. с франц. — М.: МИР, 1977. — 432 с.
6. Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. — М.: Советскоерадио, 1971. — 519 с.
7. Бусленко Н.П. Метод статистического моделирования. — М.: Статистика, 1970. — 112 с.
8. Тахтамышев Х.М. Оптимизация мощности автосервисных предприятий при различных формах организации труда. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014, Выпуск 9. С. 124—127.
9. Тахтамышев Х.М., Варуха П.В., Добровольский Н.П. Оптимизация мощности автосервисных предприятий: монография / Невинномысск: НГГТИ, 2010. 138 с.

Belov Sergey Aleksandrovich

Nevinnomyssk State Humanitarian and Technical Institute, Nevinnomyssk, Russia
E-mail: belovmail@yandex.ru

Takhtamyshev Khizir Makhmudovich

Nevinnomyssk State Humanitarian and Technical Institute, Nevinnomyssk, Russia
E-mail: hizirt43@mail.ru

Guketlev Yusuf Khadjibiramovich

Maykop State Technological University, Maykop, Russia
E-mail: guketlevuh@mail.ru

Results of modeling indicators of small businesses in the competitive environment of car service as queuing systems

Abstract. The article notes that at present the country's car service system is seriously affected by environmental factors and, first of all, competition. Additional difficulties also arise due to the probabilistic nature of the incoming flow of applications and restorations, which leads to uneven utilization of production capacities, especially of small car service enterprises, which, due to the lack of financial capabilities of their owners, are the most vulnerable in a competitive environment.

The authors note that in order to develop scientific recommendations for optimizing the functioning of this group of enterprises, it is necessary to have initial data in a wide range of factors determining the level of capacity utilization. To solve this class of problems, mathematical modeling of the processes under study is traditionally used. In this case, the authors conducted research using analytical expressions of the queuing theory with two main types of organization of interaction between performers at posts and a different number of posts: in the absence of mutual assistance and in full mutual assistance.

The obtained families of curves allow us to quantitatively predict the level of power utilization depending on the permissible queue length of cars and evaluate the effect of mutual assistance of performers at posts with various initial parameters and develop optimal management decisions taking into account the cost values of customer loss and downtime of performers at posts.

The established patterns of production processes still make it possible to quantitatively assess the relationship between the load level and the permissible queue length of cars and to develop management decisions taking into account the cost values of customer loss and performers' downtime.

Keywords: garage car service; maintenance; repair; cars; car service; queuing theory; queue; enterprise; optimization; probability; demand; power; constant load level; queuing system; posts; car service companies; restoration; cars; application; power; optimization; functioning; competition; indicators; mathematical models