

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/201EVN515.pdf>

DOI: 10.15862/201EVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/201EVN515>)

УДК 629.113.004.5

Тахтамьшев Хизир Махмудович

ГАОУ ВПО «Невинномысский гуманитарно-технический институт»

Россия, г. Невинномысск¹

Заведующий кафедрой «Эксплуатации автомобильного транспорта»

Доктор технических наук

Профессор

E-mail: hizirt43@mail.ru

Этлухов Олег Адиль-Гиреевич

ГАОУ ВПО «Невинномысский гуманитарно-технический институт»

Россия, г. Невинномысск

Профессор кафедры «Эксплуатации автомобильного транспорта»

Доктор экономических наук

Профессор

E-mail: apsny09@mail.ru

Математические модели различных вариантов организации производственных процессов автосервисных предприятий в условиях умеренной конкуренции

¹ 357108, Российская Федерация, Невинномысск, Бульвар Мира, 17

Аннотация. Производственно-техническая база автосервисных предприятий в России прирастала в основном за счет создания малых специализированных предприятий, насчитывавших 2-5 постов. Возникновение таких предприятий носит стихийный характер, что приводит к существенным издержкам из-за недостаточной загрузки производственных мощностей по тем или иным видам технического обслуживания и ремонта. В этой связи при создании новых предприятий возникает необходимость изучения уровня конкуренции в сети автосервиса, выбора профиля деятельности и определения мощности АСП. Между тем при удовлетворительном среднем уровне загрузки производственных мощностей автосервисных предприятий в одной сети автосервиса наблюдается несоответствие между уровнем спроса и предложения по определенным видам работ, что приводит к снижению эффективности производства, а в некоторых случаях к банкротству этих предприятий. В связи с тем, что производственные процессы являются вероятностными, уровень конкуренции характеризуется средней длиной очереди автомобилей в сети автосервиса и зависит от среднего уровня загрузки мощностей. Примерно при значениях коэффициента загрузки в пределах 0.3-0.45 имеет место острая конкуренция, при значениях 0.5-0.7 - умеренная, а при 0.7-0.85 – слабая конкуренция. Для повышения эффективности производства на практике исполнители на постах оказывают взаимную помощь, которая может быть ограничена фронтом работ на автомобиле. Для аппроксимации особенностей производственных процессов использован аппарат теории массового обслуживания, математические модели которых позволили рассчитать показатели автосервисных предприятий как систем массового обслуживания при следующих условиях: конкуренция умеренная; автомобили переходят к конкуренту, если длина очереди превышает среднюю в сети; свободные от работы на своих постах исполнители оказывают помощь коллегам. Благодаря проведенным расчетам установлена эффективность взаимопомощи исполнителей и представляется возможным определить показатели автосервисных различных размеров предприятий, функционирующих в условиях умеренной конкуренции в сети автосервиса.

Ключевые слова: математические модели; массовое обслуживание; вероятность; посты; уровень загрузки; мощность; автосервисные предприятия; очередь; техническое обслуживание; ремонт; автомобили.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Тахтамышев Х.М., Этлухов Олег Адиль-Гиреевич Математические модели различных вариантов организации производственных процессов автосервисных предприятий в условиях умеренной конкуренции // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/201EVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/201EVN515

Система автосервиса в последние годы в стране развивалась быстрыми темпами. Основной причиной этого явления было существенное пополнение парка автомобилей как зарубежными, так и отечественными моделями. Между тем производственно-техническая база автосервисных предприятий (АСП) прирастала в основном за счет создания малых специализированных предприятий, насчитывавших 2-5 постов. Возникновение таких предприятий носит стихийный характер, что приводит к существенным издержкам из-за недостаточной загрузки производственных мощностей по тем или иным видам технического обслуживания (ТО) и ремонта. В этой связи при создании новых предприятий возникает необходимость изучения уровня конкуренции в сети автосервиса, выбора профиля деятельности и определения мощности АСП по известным методикам [1, 2, 3, 9, 10]. Между тем при удовлетворительном среднем уровне загрузки производственных мощностей АСП в одной сети автосервиса наблюдается несоответствие между уровнем спроса и предложения по определенным видам работ, что приводит к снижению эффективности производства, а в некоторых случаях к банкротству этих предприятий. В качестве спасительной меры в таких случаях прибегают к изменению профиля работы АСП, которое, однако, требует дополнительных капитальных затрат и переквалификации персонала. Статистические наблюдения в течение ряда лет показали, что соотношение спроса и предложения по различным видам работ в конкретной сети автосервиса города, района города или населенного пункта меняется в зависимости от сезонности и изменения структуры парка автомобилей в течение года. В связи с указанными обстоятельствами руководство АСП вынуждено отслеживать тенденции изменения рынка технического сервиса автомобилей и своевременно принимать меры для обеспечения высокого уровня загрузки мощностей. Известный показатель для количественной оценки степени использования потенциала предприятий - уровень загрузки мощности конкретного АСП определяется отношением интенсивности потоков заявок и суммарной интенсивности потока восстановления автомобилей на данном предприятии согласно выражению:

$$\psi = \lambda / n \cdot v, \quad (1)$$

где λ - интенсивность потока заявок на обслуживание автомобилей, шт/час; v - интенсивность обслуживания автомобилей на одном посту, шт/час; n - количество постов по ТО и ремонту.

Показатель ψ является количественным измерителем, косвенно характеризующим уровень конкуренции в конкретной сети автосервиса. При значениях коэффициента загрузки в пределах 0.3-0.45 имеет место острая конкуренция, при значениях 0.5-0.7 - умеренная, а при 0.7-0.85 - слабая конкуренция. Заметим, что значение уровня загрузки $\psi = 0.9-1$ загрузки мощности в условиях конкурентной среды на довольно длительный промежуток времени практически невозможно ввиду вероятностного характера входящего потока заявок и вариации продолжительности времени обслуживания. Близость реальных уровней ψ подобным значениям свидетельствует о монопольности конкретного предприятия в сети автосервиса по данному виду работ. На практике длительное монопольное положение невозможно при функционировании АСП в рыночных условиях, так как при предельной загрузке мощности будет образовываться значительная очередь автомобилей, ожидающих начала обслуживания. Естественно, такое положение вещей может быть кратковременным и по законам рынка вскоре появятся новые предприятия, конкурирующие с монопольным. Справедливости ради следует отметить, что и в конкурентной среде возможны пиковые кратковременные всплески потоков заявок, также вызывающие предельные уровни загрузки во всей сети при сезонном обслуживании и неблагоприятных погодных условиях (гололед, снежные заносы, смена шин и т.п.). Ввиду кратковременности подобного режима работы

АСП разработка математических моделей функционирования предприятий с предельным уровнем загрузки не является первоочередной. В то же время на стадии функционирования предприятий представляет практический и теоретический интерес рассмотрение особенностей производственных процессов и их аппроксимация их при умеренной загрузке мощности АСП с целью оптимального использования имеющихся производственных мощностей. Так, в данном режиме функционирования АСП целесообразна взаимопомощь исполнителей на постах ТО и ремонта, что обеспечивает более полное использование трудовых ресурсов, а в конечном счете большую эффективность предприятий. С учетом особенностей конструкции автомобилей и характера отказов и неисправностей при техническом обслуживании и ремонте автомобилей возможны три варианта взаимодействия исполнителей на постах: с отсутствием взаимопомощи, с ограниченной взаимопомощью и с полной взаимопомощью. Целесообразность выбора одного из вариантов взаимодействия зависит от принятой на предприятии формы организации труда. Однако для обоснованного принятия решения необходимо количественно оценить эффективность каждого варианта, принимая во внимание персональную ответственность за качество выполнения работ. Такая возможность появляется при количественной оценке показателей АСП с помощью аналитических выражений, аппроксимирующих вероятностный характер производственных процессов. Такими возможностями обладает математический аппарат теории массового обслуживания, который успешно используется в различных исследованиях, в том числе на автомобильном транспорте [6, 7, 8]. Однако математические модели систем массового обслуживания (СМО), используемые авторами чаще всего предполагают описание производственных процессов без взаимопомощи исполнителей [3, 6], что не всегда соответствует реальному положению вещей. Более того, не рассматривается возможность при определенных условиях перехода автомобилей к конкурентам [3, 10]. В частности, такая вероятность велика при острой конкуренции между АСП сети автосервиса, когда при отсутствии свободного поста автомобиль может немедленно покинуть предприятие.

В условиях умеренной конкуренции потоки заявок распределяются равномерно между предприятиями, в связи с чем немедленный переход автомобилей к конкуренту при отсутствии свободного поста (исполнителя) нецелесообразен, так как и на другом предприятии в эти часы возможна определенная очередь. В этой связи решение о переходе к конкуренту принимается в случаях, когда, по мнению владельца автомобиля, очередь на определенном предприятии меньше, чем на данном предприятии. С учетом возможностей современной мобильной телефонной связи в отдельных случаях клиент все же может выяснить величину очереди на интересующем его предприятии. Однако такие случаи являются единичными и не меняют общую картину поведения клиентов.

Таким образом, в очереди может стоять определенное число автомобилей, после превышения которого автомобиль покидает очередь. Критическая величина очереди, при которой автомобиль покидает предприятие является субъективной, но ее средние размеры формируются в зависимости от среднего уровня загрузки мощности АСП в конкретной сети автосервиса.

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, 5] для расчета показателей АСП при трех вариантах организации производственных процессов.

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

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

$$P_n = \frac{P(n, \alpha)}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha) \cdot \psi \cdot (1 - \psi^m) / (1 - \psi)}. \quad (2)$$

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

$$P_{n+m} = \psi^m \cdot P_n. \quad (3)$$

3. Среднее число незанятых постов:

$$Mn = n - Mp = n - \alpha \cdot (1 - \psi^m \cdot P_n). \quad (4)$$

4. Среднее число автомобилей в очереди:

$$M_{\dot{a}} = P_n \cdot \psi \cdot \frac{1 - \psi^m \cdot [n \cdot (1 - \psi) + 1]}{(1 - \psi)^2}. \quad (5)$$

5. Число автомобилей, покинувших очередь:

$$\lambda_0 = \lambda \cdot \psi^m \cdot P_n. \quad (6)$$

6. Среднее время пребывания автомобиля в очереди:

$$t_{i\dot{a}} = \dot{I}_{\dot{a}} / \lambda \quad (7)$$

Если свободные исполнители могут оказывать помощь коллегам при ограничении на одном посту l исполнителями при целочисленном значении $h=n/l$ (частичная взаимопомощь) расчеты можно вести по следующим выражениям:

1. Вероятность того, что все посты заняты:

$$P_h = \frac{P(h, \alpha l)}{R(h, \alpha l) + P(h, \alpha l) \cdot \psi \cdot \frac{1 - \psi \cdot n - h + m}{1 - \psi}}. \quad (8)$$

2. Вероятность того, что автомобиль покинет систему:

$$P_{n+m} = \psi^n + -h \cdot P_h \quad (9)$$

3. Среднее число незанятых постов:

$$M_n = n - Mp = n - \alpha \cdot (1 - P_{n+m}). \quad (10)$$

4. Число автомобилей, покинувших очередь:

$$\lambda_0 = \lambda \cdot P_{n+m}. \quad (11)$$

5. Среднее число автомобилей, находящихся в очереди:

$$M_{\dot{a}} = P_h \cdot \psi \cdot n + 1 \cdot \frac{1 - \psi \cdot m \cdot [m \cdot (1 - \psi) + 1]}{(1 - \psi)^2}. \quad (12)$$

6. Среднее время пребывания автомобиля в очереди:

$$t_{ia} = \dot{I}_a / \lambda. \quad (13)$$

Если на предприятии имеется 1-3 поста, возможна полная взаимопомощь исполнителей, т.е. l равно n . Для этого случая расчетные выражения упрощаются.

1. Вероятность того, что автомобиль покинет систему:

$$P_n = m\psi n \cdot \frac{1 - \psi^m + \ell}{1 - \psi^n + m + \ell}. \quad (14)$$

2. Среднее число незанятых постов:

$$Mn = n - Mp = n - \frac{\psi - \psi^m + 2}{(1 - \psi)^m + 2}. \quad (15)$$

3. Число автомобилей, покинувших систему:

$$\lambda_0 = \lambda \cdot P_{n+m}. \quad (16)$$

4. Среднее время ожидания заявки в очереди:

$$t_{ia} = \dot{I}_a / \lambda. \quad (17)$$

Приведенные выше выражения позволяют вычислить все основные показатели АСП как СМО при жестком ограничении длины очереди. Однако, в периоды времени, когда вся сеть автосервиса перегружена заявками, конкуренция ослабевает и вероятности ухода автомобилей к конкурентам становятся ничтожными.

Приведенные выражения (2)-(7) позволяют рассчитывать основные показатели при максимально возможном числе заявок $m + n$ и индивидуальном обслуживании клиентов.

При допущении частичной взаимопомощи исполнителей (8)-(13) показатели предприятий будут отличаться в зависимости от числа группирующихся исполнителей при общем числе исполнителей, равном двум. Расчеты, проведенные по приведенным выше формулам показали, что взаимопомощь исполнителей при уровне загрузки $\psi = 0.5$ более эффективна при числе постов 2-4, когда взаимопомощь близка к полной (14)-(17). По мере увеличения количества постов эффект от взаимопомощи снижается. При увеличении уровня загрузки до 0.7 эффект от взаимопомощи уменьшается для всех размеров мощности АСП, что объясняется уменьшением вероятности наличия свободных постов, а, следовательно, свободных исполнителей, которые оказывают помощь коллегам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егорова Н.Е., Майн Е.Р. Малый бизнес в России: экономический анализ и моделирование. – М.: ЦЭМИ РАН, 1997 г.
2. Мудунов А.С., Егорова Н.Е. Основные принципы формирования программ развития малого бизнеса и трудоустройства населения // Вопросы структуризации экономики, 2000, №2.
3. Напольский, Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: учебник для вузов / Г.М. Напольский. - М.: Транспорт, 1993. - 271 с.
4. Новиков, О.А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О.А. Новиков, С.И. Петухов. - М.: Советское радио, 1969. - 399 с.
5. Овчаров, Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания / Л.А. Овчаров. - М.: Машиностроение, 1969. - 324 с.
6. Тахтамышев, Х.М. Методы оптимального технологического расчета автотранспортных предприятий / Х.М. Тахтамышев. - Киев: Вища школа, 1986. - 110 с.
7. Тахтамышев, Х.М. Оптимизация мощности автосервисных предприятий / Х.М. Тахтамышев, П.В. Варуха, Н.П. Добровольский. - Изд-во НГГТИ, Невинномысск, 2010. - 144 с.
8. Тахтамышев Х.М. Оптимизация мощности автосервисных предприятий при различных формах организации труда / Тахтамышев Х.М. Известия ВолГТУ. Выпуск №19 (146). Том 9/2014. - С. 70-73.
9. Терешин, О.В. Методика оптимального использования производственных мощностей автосервисного предприятия / О.В. Терешин, Л.Р. Амирханова // Вестник Ижевского государственного технического университета. - 2010. - №1 (45). - С. 47-50.
10. Техническая эксплуатация автомобилей / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин [и др.]; под. ред Е.С. Кузнецова. - М.: Наука, 2001. - 536 с.

Рецензент: Шульга Геннадий Иванович, профессор, д-р техн. наук, Южно-Российский государственный технический университет.

Takhtamyshev Khizir Makhmudovich

Nevinnomyssk State Social and Technical Science institute
Russia, Nevinnomyssk
E-mail: hizirt43@mail.ru

Etlukhov Oleg Adyl'-Gireevich

Nevinnomyssk State Social and Technical Science Institute
Russia, Nevinnomyssk
E-mail: apсны09@mail.ru

Mathematical models of the production management processes in an auto service enterprises under the condition of moderate competition

Abstract. Production and technical base of auto service companies in Russia grew mainly due to the creation of the small specialized enterprises with 2-5 service spots. The emergence of such enterprises is spontaneous, which may lead to insufficient capacity utilization and consequently create higher maintenance costs. In this regard, the creation of new enterprises triggers the need to examine the level of competition in the automobile service center domain, select a profile of activities and determine the most efficient power of auto service enterprise. Meanwhile an average level of capacity utilization of the auto service companies can create a mismatch between the level of supply and demand for certain types of work, which leads to a decrease in production efficiency, and in some cases to the bankruptcy of these enterprises. Due to the fact that manufacturing processes are probabilistic, competition has an average length of the queue of vehicles on the network, and service centers depend on the average level of capacity utilization. At approximate load factor value of 0.3-0.45 there is an intense competition, at the values of 0.5-0.7 the competition is moderate, and at 0.7-0.85 – the competition level is pretty weak. To improve the production efficiency in real life situations, service workers provide mutual assistance, which may be limited to certain types of work. To approximate the characteristics of the production processes we use the apparatus of queuing theory, mathematical models of which allow to calculate the performance of auto service companies as queuing systems under the following conditions: the competition is moderate; cars go to a competitor if the queue length exceeds the average in the network; and the free workers assist their colleagues when necessary. The calculations allow establishing the efficiency of the mutual aid. It also makes it possible to define the load factors of different size companies under the condition of moderate competition.

Keywords: mathematical models; queuing; probability; load level; power; car service companies; technical maintenance; repair; automobiles.

REFERENCES

1. Egorova N.E., Mayn E.R. *Malyy biznes v Rossii: ekonomicheskiy analiz i modelirovanie.* – M.: TsEMI RAN, 1997 g.
2. Mudunov A.S., Egorova N.E. *Osnovnye printsipy formirovaniya programm razvitiya malogo biznesa i trudoustroystva naseleniya // Voprosy strukturizatsii ekonomiki, 2000, №2.*
3. Napol'skiy, G.M. *Tekhnologicheskoe proektirovanie avtotransportnykh predpriyatiy i stantsiy tekhnicheskogo obsluzhivaniya: uchebnik dlya vuzov / G.M. Napol'skiy.* - M.: Transport, 1993. - 271 s.
4. Novikov, O.A. *Prikladnye voprosy teorii massovogo obsluzhivaniya / O.A. Novikov, S.I. Petukhov.* - M.: Sovetskoe radio, 1969. - 399 s.
5. Ovcharov, L.A. *Prikladnye zadachi teorii massovogo obsluzhivaniya / L.A. Ovcharov.* - M.: Mashinostroenie, 1969. - 324 s.
6. Takhtamyshev, Kh.M. *Metody optimal'nogo tekhnologicheskogo rascheta avtotransportnykh predpriyatiy / Kh.M. Takhtamyshev.* - Kiev: Vishcha shkola, 1986. - 110 s.
7. Takhtamyshev, Kh.M. *Optimizatsiya moshchnosti avtoservisnykh predpriyatiy / Kh.M. Takhtamyshev, P.V. Varukha, N.P. Dobrovol'skiy.* - Izd-vo NGGTI, Nevinnomyssk, 2010. - 144 s.
8. Takhtamyshev Kh.M. *Optimizatsiya moshchnosti avtoservisnykh predpriyatiy pri razlichnykh formakh organizatsii truda / Takhtamyshev Kh.M. Izvestiya VolGTU. Vypusk №19 (146). Tom 9/2014.* - S. 70-73.
9. Tereshin, O.V. *Metodika optimal'nogo ispol'zovaniya proizvodstvennykh moshchnostey avtoservisnogo predpriyatya / O.V. Tereshin, L.R. Amirkhanova // Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta.* - 2010. - №1 (45). - S. 47-50.
10. *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley / E.S. Kuznetsov, A.P. Boldin [i dr.]; pod. red E.S. Kuznetsova.* - M.: Nauka, 2001. - 536 s.