

## Адаптация работы предприятия автосервиса к сезонному колебанию спроса на ТО и ремонт автомобильной техники

*А.И. Недолужко, А.А. Котесова, И.А. Ващенко, Р.М. Аракелян,*

*В.М. Городов, Н.А. Курганов*

*Донской государственный технический университет, Ростов – на – Дону*

**Аннотация:** Рассматриваются особенности функционирования предприятий автосервиса при увеличении сезонного спроса на ТО и ремонт автомобильной техники. Для анализа их деятельности в условиях ограниченных ресурсов и случайного потока заявок (требований) применен аппарат системы массового обслуживания.

**Ключевые слова:** Предприятие автосервиса, поток требований вероятность, критерии, издержки, эффективность.

На эффективность работы предприятий автосервиса (ПАС) влияет величина входящего потока требований, пропускная способность и производительность средств обслуживания [1-5 Поток требований и его вариация зависят от сезонного колебания спроса, в результате чего количество не обслуженных автомобилей в эти периоды может достигать 50% (рис. 1). Несоответствие возможностей ПАС поступающему потоку требований ведет к потере прибыли.

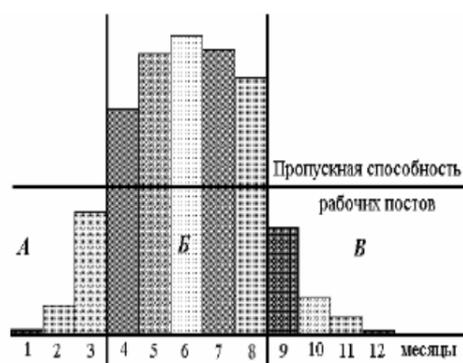


Рис. 1. - Сезонное колебание спроса: А, В-недогрузка мощностей;  
Б-избыток спроса

Считая ПАС динамической системой, предназначенной для обслуживания случайного потока заявок (требований), при ограниченных

ресурсах, применим для её анализа аппарат системы массового обслуживания (СМО) [6-8]. Общая схема её приведена на рис. 2.

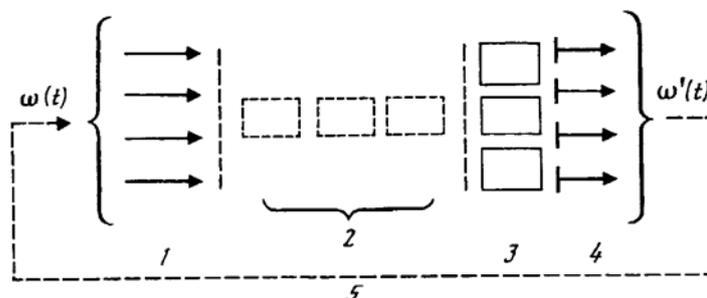


Рис. 2. - Общая схема СМО

Все требования (1), поступающие в систему, образуют входящий поток, который рассматривается как стохастический и обслуживается постами ПАС (3) только по случайному принципу. Эффективность функционирования ПАС обеспечивается либо регулированием интенсивности поступлений требований на обслуживание, (что зачастую невозможно), либо регулированием интенсивности обслуживания. В реальности управление ведется путем варьирования интенсивности обслуживания с целью определения оптимального числа рабочих постов (каналов обслуживания ПАС) для реализации входящего потока требований, исключая по возможности очереди (2). Часть выходящего потока требований (4) после проверки качества выполненных работ может образовать возможное замыкание СМО (5). Для описания входящих потоков требований предлагается целый ряд математических моделей.

Так в работе [9] характеристиками входного потока предлагают считать математическое ожидание и дисперсию

$$M(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} W(\tau) \tau d\tau = \int_0^{\infty} W(\tau) \tau d\tau = \bar{\tau} \quad (1)$$

$$D(\tau) = \int_0^{\infty} W(\tau) (\tau - \bar{\tau}) d\tau \quad (2)$$

Авторы работы [7] предлагают поток заявок на обслуживание на входе одного из каналов и поток обслуженных заявок на выходе определять в виде функций времени,

$$M_{\text{вх}}(t) = \sum_{k=1}^N M_k \sigma(t - t_k), \text{ где } \sigma(x) = 1, \text{ при } x \geq 0, \sigma(x) = 0, \text{ при } x < 0 \quad (3)$$

$$M_{\text{вых}}(t) = \sum_{k=1}^N M_k \sigma[t - (t_k + d_k)] \quad (4)$$

где  $M_k$ -количество заявок в момент времени  $t$ ;  $\sigma(t - t_k)$ -среднеквадратичное отклонение интенсивности поступления  $k$ -й заявки на обслуживание;  $d_k$ -временной интервал занятости рабочего поста. Разность двух этих функций представляет занятость рабочего поста.

$$B(t) = M_{\text{вх}}(t) - M_{\text{вых}}(t) = \sum_{k=1}^N M_k \sigma(t - t_k) - \sum_{k=1}^N M_k \sigma[t - (t_k + d_k)] \quad (5)$$

Предложенные модели зачастую не учитывают ряд особенностей потоков требований связанных с неравномерностью их поступлений во времени и трудоёмкости выполнения операций, кроме того их применение приводит к необоснованному усложнению используемого математического аппарата. Проведенный анализ показал, что несмотря на многообразие квалификационных признаков СМО для оценки их эффективности целесообразно использовать критерий минимальности издержек от их функционирования, либо критерий получения максимальной прибыли. Рассматривая посты как систему массового обслуживания, используем для оптимизации их количества первый критерий.

Введем в качестве показателей эффективности работы ПАС, следующие параметры [6].

Интенсивность обслуживания

$$\mu = \frac{1}{t_d} \quad (6)$$

Относительная плотность потока требований

$$\rho = \omega / \mu \quad (7)$$

Количество требований поступающих в единицу времени

$$A = \omega g \quad (8)$$

$P_0$ - вероятность того, что все посты ПАС свободны.

-для однопостовой системы

$$P_0 = 1 - \rho \quad (9)$$

- для многопостовой системы

$$P_0 = \frac{1}{\frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)} + \sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!}} \quad (10)$$

$P_{оч}$ - вероятность образования очереди

-для однопостовой системы

$$P_{оч} = \rho^2 \cdot P_0 \quad (11)$$

- для многопостовой системы

$$P_{оч} = \frac{\rho^n}{n!} \cdot P_0 \quad (12)$$

Среднее время нахождения автомобиля в очереди

$$t_{ож} = r / \omega \quad (13)$$

Количество требований, связанных с системой

$$k = r + n_{зан} \quad (14)$$

Время связи требования для системы с потерями

$$t_{сист} = g t_d \quad (15)$$

Для системы без потерь

$$t_{сист} = t_d + t_{ож} \quad (16)$$

В выражениях 1- 16 приняты следующие обозначения:

$t_d$ - продолжительность обслуживания одного автомобиля (требования);  $\omega$ - параметр потока требований поступающих в систему;  $g$ - доля обслуженных автомобилей (требований) от общего их количества;  $P_{отк}$ -вероятность отказа в обслуживании автомобилей из за ограничения очереди или временем нахождения в ней;  $r$ - среднее число автомобилей в очереди;  $n_{зан}$  – среднее количество занятых постов.

Зависимости для определения приведенных выше параметров СМО определяются их структурой. Случайность поступления автомобилей и разброс времени на их обслуживание зачастую не позволяют избежать очередей, а следовательно ведёт к росту издержек. Основной задачей деятельности менеджеров ПАС является такая организация технологических процессов, при которых издержки будут минимизированы. В качестве оценки эффективности работы ПАС используем критерий издержек от функционирования системы

$$И = C_1 r + C_2 n_{св} + (C_1 + C_2) \rho \quad (17)$$

где  $C_1$ - стоимость простоя автомобиля в очереди;  $r$  –средняя длина очереди;  $C_2$ -стоимость простоя обслуживающего канала;  $n_{св}$ -количество простаивающих (свободных) каналов.

Проведём сравнительную оценку работы ПАС при обычных и пиковых сезонных нагрузках и оценим целесообразность адаптации путем увеличения числа каналов при увеличении потока требований на ремонт и обслуживание при следующих исходных данных:

-длина очереди не ограничена, СМО без потерь т.е. вероятность отказа в ремонте  $P_{отк} = 0$ . Относительная пропускная способность  $g = 1$ , т.е. все 100% автомобилей покинут зону ТР отремонтированными;

- интенсивность поступления автомобилей  $\omega = 0,5$ треб/ч.,  $\omega_c = 0,8$ треб/ч;

- средняя продолжительность ремонта  $t_d = 1,2$  ч;
- стоимость простоя автомобиля в очереди  $C_1 = 85$  р.е./смену;
- стоимость простоя оборудования одноканальной системы  $C_2 = 80$  р.е./смену;
- стоимость простоя оборудования двухканальной системы  $C_2 = 120$  р.е./смену;
- стоимость простоя оборудования трехканальной системы  $C_2 = 180$  р.е./смену

Результаты расчетов приведены в таблице №1

Таблица №1

Параметры работы ПАС

Количество постов $n$	Вероятность того что все посты свободны $P_0$	Вероятность образования очереди $P_{оч}$	Количество свободных постов $n_{св}$	Среднее количество автомобилей в очереди $g$	Среднее время в очереди и $t_{ож}$ , час	Издержки функционирования И, р.е./смену
Входящий поток требований $\omega = 0,5$ треб/час						
1	0,4	0,144	0,4	0,9	1,09	207,5
2	0,538	0,1	1,4	0,042	0,083	294,57
3	0,547	0,019	2,4	0,00475	0,0095	591,4
Входящий сезонный поток требований $\omega_c = 0,8$ треб/час						
1	0,04	0,22	0,04	23	27,7	2116,6
2	0,35	0,16	1,04	0,148	0,186	334,18
3	0,378	0,06	2,04	0,027	0,034	623,9

Результаты расчетов показали, что увеличение сезонного потока требований ( $\omega_c > \omega$ ) ведёт к росту издержек, связанных с простоем автомобилей в очереди и недостаточной производительностью средств обслуживания. Издержки от функционирования двух постовой системы в

пиковый период в 6,3 раза меньше чем при тех же условиях для одного поста. Следовательно строительство второго поста зоны ТО и ТР в рассматриваемых условиях увеличения сезонного спроса целесообразно. Вместе с тем, экстенсивный путь, связанный с простым увеличением количества однотипных постов в определенные периоды не всегда оправдан. Гораздо более перспективными следует считать направления, связанные с уменьшением времени технических воздействий для конкретных требований, применение новых технологий, механизация процессов, использование резервных рабочих смен, введение сезонного многофазного обслуживания [10-13].

### Литература

1. Вишневецкий Ю. Т. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автомобилей. М.: Дашков и К°, 2006. 380 с.
2. Власов В.М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. М.: «Академия», 2003. 480 с.
3. Васильев В.И., Жаров, С.П. Совершенствование методики корректирования нормативов управления эксплуатацией подвижного состава предприятий автомобильного транспорта региональных транспортных систем. Современные проблемы науки и образования. 2012. №6. с. 9.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М: Наука, 1969. – 576 с.
5. Гнеденко, Б. В. Беседы о теории массового обслуживания. - М.: Либроком, 2010. 433 с.
6. Кузнецов Е.С., Болдин А.П., Власов В.М и др. Техническая эксплуатация автомобилей. М.: Наука, 2001. 535 с.
7. Кокорев Г. Д. Повышение эффективности системы технической эксплуатации автомобилей в сельском хозяйстве: дис. Док. техн. наук: 05.20.03. Рязань 2014. 468 с.

8. Недолужко А.И, Детлер М.Ф, Криворотов А.В, Парубец А.Ю К вопросу применения нормативов планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта к современным автомобилям // Инженерный вестник Дона, 2017, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4131](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4131).
9. Недолужко А.И, Котесова А.А, Детлер М.Ф, Криворотов А.В, Парубец А.Ю Особенности оценки эффективности деятельности передвижных авторемонтных мастерских при обслуживании автомобильной техники // Инженерный вестник Дона, 2017, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4363](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4363).
10. Хинчин, А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания. М.: Либроком, 2010. - 240 с.
11. Lout, D., Pascual, R. and Banjevic, D. Optimal Interval for Major Maintenance Actions in Electricity Distribution Networks // Electrical Power and Energy Systems. 2009. №31. p. 401.
12. Taghipour, S., Banjevic, D. Optimum inspection interval for a system under periodic and opportunistic inspections // Iie Transactions. – 2012. – Vol. 44. – № 11. – p. 948.
13. Kardon, B. Fredendall L.D. Incorporating overall probability of system failure into a preventive maintenance model for a serial system // Journal of Quality in Maintenance Engineering. – 2002. – Volume 8, Number 4. – p. 345.

### References

1. Vishneveckij YU. T. Tekhnicheskaya ehkspluatatsiya, obsluzhivanie i remont avtomobilej. [Technical operation, maintenance and repair of vehicles]. М.: Dashkov i K°, 2006. 380 p.
2. Vlasov V.M. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobilej. [Maintenance and repair of cars.] М.: 2003. 480 p.

3. Vasil'ev V.I., ZHarov, S.P. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. №6. p. 9.
4. Ventcel' E.S. Teoriya veroyatnostej [Probability theory]. M: Nauka, 1969. 576 p.
5. Gnedenko, B. V. Besedy o teorii massovogo obsluzhivaniya [Talks about Queuing theory] M.: Librokom, 2010. 433 p.
6. Kuznecov E.S., Boldin A.P., Vlasov V.M i dr. Tekhnicheskaya ehkspluatsiya avtomobilej. [Technical operation of vehicles.] M.: Nauka, 2001. 535 p.
7. Kokorev G. D. Povyshenie ehffektivnosti sistemy tekhnicheskoy ehkspluatsii avtomobilej v sel'skom hozyajstve: [Improving the efficiency of the technical operation of vehicles in agriculture]. Dis. Dok. tekhn. nauk: 05.20.03 Ryazan' 2014.468 p.
8. Nedoluzhko A.I, Detler M.F, Krivorotov A.V, Parubec A.YU. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4131](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4131).
9. Nedoluzhko A.I, Kotesova A.A, Detler M.F, Krivorotov A.V, Parubec A.YU Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4363](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4363).
10. Hinchin, A. YA. Raboty po matematicheskoj teorii massovogo obsluzhivaniya [Work on the mathematical theory of mass service]. M.: Librokom, 2010. 240 p.
11. Louit, D., Pascual, R. and Banjevic, D. Electrical Power and Energy Systems. 2009. №31. p. 401.
12. Taghipour, S. Iie Transactions. 2012. Vol. 44. № 11. p. 948.
13. Kardon, B. Fredendall L.D. Journal of Quality in Maintenance Engineering. 2002. Volume 8, Number 4. p. 345