

---

## Оценка эффективности диагностики автомобилей с электронными блоками управления

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

*А.А. Великородов, А.А.Коваль, Н.А.Курганов,*

*Донской государственной технической университет, Ростов – на – Дону*

**Аннотация:** На базе математического аппарата средств массового обслуживания, предложена математическая модель для диагностики технического состояния автомобилей с электронными блоками управления. Разработана математическая модель диагностики автомобилей в рамках дискретно-событийной парадигмы. Проведены численные эксперименты по оценке эффективности диагностики.

**Ключевые слова:** автомобили, электронный блок управления, диагностика, система массового обслуживания, эффективность, издержки функционирования.

Диагностирование обеспечивает индивидуальную информацию о техническом состоянии автомобилей и дает возможность оперативно выявлять их потребность в ТО и ремонте. В настоящее время всё большее количество автомобилей оборудуются электронными блоками управления (ЭБУ), которые относятся к встроенным средствам диагностирования. В работах [1,2] обосновывается необходимость перехода для современных автомобилей к тактике обеспечения работоспособности по состоянию, показано что реализация такой тактики целесообразно тогда, когда экономические затраты, связанные с затратами на диагностирование и прогнозирование, автомобилей не являются определяющими. В настоящее время суммарная трудоемкость работ по обслуживанию машин без ЭБУ на 1000 км распределяется по видам работ приблизительно так: 25 % - обязательные работы; 10-12 % - диагностические; 63-65 % - работы по устранению неисправностей, в том числе регулировочные и крепежные, при этом среднее время диагностики составляет от одного до полутора часов. [3-7]. Обеспечение современных автомобилей приборами бортового диагностирования (электронного сканирования), компьютерными системами управления и контроля над рабочими процессами двигателей позволяет в

непрерывном режиме отслеживать техническое состояние агрегатов и корректировать параметры их работы в сторону оптимальных значений.

ЭБУ включает в себя микропроцессор и запоминающие устройства. Также блок управления имеет, как правило, два специальных внешних разъема на своем корпусе. Первый разъем позволяет осуществить подключение блока управления к бортовой сети автомашины. Вторым разъемом (диагностический) предназначен для подключения сканирующего устройства (сканера).

Компьютерная диагностика автомобиля, несмотря на точность и простоту, занимает определенное время. Проблему невозможно выявить мгновенно. Средняя продолжительность тестов — 20-30 минут, ведь специалисты не просто считывают коды ошибок, но и расшифровывают показания ЭБУ.

Для оценки эффективности диагностики автомобилей применим математический аппарат системы массового обслуживания (СМО). Пусть диагностический пост представляет собой одноканальную СМО с неограниченной длиной очереди на обслуживание. Поток автомобилей прибывающих на диагностику распределён по закону Пуассона и имеет интенсивность  $\lambda = 0,85$  автомобиля/ час. Время диагностики автомобиля  $t_d$  распределено по показательному закону и в среднем равно 1,05 часа для автомобилей без ЭБУ и 0,5 часа для автомобилей с ЭБУ. Система алгебраических уравнений описывающих работу поста диагностики для стационарного режима функционирования ( $t \rightarrow \infty$ ) и любого его состояния  $n = 0, 1, 2, \dots$  имеет вид [8,9,10]:

$$\begin{cases} -\lambda P_0 + \mu P_1 = 0 \\ \lambda P_{n-1} + \mu P_{n+1} - (\lambda + \mu) P_n = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Данная система уравнений имеет решение

$$P_n = (1 - \psi)\psi^n, \text{ где } \psi = \lambda/\mu < 1, n=0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

Вероятностные характеристики поста диагностики определяются следующими зависимостями:

$$\mu = \frac{1}{t_d}, \quad \psi = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3)$$

где  $\mu$  -интенсивность потока обслуживания;  $\psi$  -приведенная интенсивность потока автомобилей.

Предельные вероятности системы

$$P_n = (1 - \psi)\psi^n \quad (4)$$

Характеристики системы:

$$L_c = \frac{\psi}{1 - \psi}, \quad W_c = \frac{L_c}{\lambda} = \frac{1}{[\mu(1 - \psi)]} \quad (5)$$
$$L_d = \frac{\psi^2}{(1 - \psi)}, \quad W_d = \frac{\psi}{[\mu(1 - \psi)]} \quad (6)$$

$$n_{св} = n - n_{зан} = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad (7)$$

где  $L_c$  - среднее число автомобилей находящихся в системе (на обслуживании и в очереди);  $W_c$  - средняя продолжительность пребывания клиента в системе;  $L_d$  - среднее число автомобилей в очереди на диагностику;  $W_d$  -средняя продолжительность пребывания автомобиля в очереди;  $n_{св}$  - количество свободных постов;  $n_{зан}$  -количество занятых постов.

Зависимости для определения приведенных выше параметров СМО определяются их структурой [11-13]. В качестве оценки эффективности работы ПАС используем критерий издержек от функционирования системы

$$И = C_1 r + C_2 n_{св} + (C_1 + C_2) \rho \quad (8)$$

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 оценку эффективности диагностирования автомобилей при следующих исходных данных:

- интенсивность поступления автомобилей  $\lambda = 85$  авт/ч.,
- средняя продолжительность диагностики автомобилей  $t_d = 1,05$  ч;
- средняя продолжительность диагностики автомобилей с ЭБУ  $t_{дэ} = 0,5$  ч;
- стоимость простоя автомобиля в очереди  $C_1 = 95$  р.е./смену;
- стоимость простоя оборудования одноканальной системы  $C_2 = 90$ р.е./смену;

Результаты расчетов приведены в таблице Таблица №1

Таблица №1

Оценка эффективности диагностирования автомобилей

Входящий поток требований $\lambda = 0,85$ авт/час								
Параметры потока		Параметры системы						Издержки функционирования И, р.е./смену
$\mu$	$\psi$	$L_c$	$W_c$	$L_d$	$W_d$	$n_{св}$	$n_{зан}$	882,59
0,952	0,893	8,346	9,817	7,453	8,766	0,107	0,893	
Автомобили с ЭБУ								
2	0,425	0,739	0,87	0,31	0,37	0,425	0,575	159,83

Таким образом, диагностирование автомобилей с ЭБУ, в нашем примере, позволит уменьшить среднее время пребывания клиента в системе более чем в 11 раз, снизив при этом издержки почти в браз. По мере развития и совершенствования средств технической диагностики, оборудования

автомобилей ЭБУ всё большее предпочтение будет отдаваться тактике технического обслуживания и ремонта автомобилей по их состоянию.

### 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 / Б.В. Гнеденко. - 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, №3. 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. Louit, 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 ehkspluataciya, obsluzhivanie i remont avtomobilej. [Technical operation, maintenance and repair of vehicles]. M.: Dashkov i K<sup>o</sup>, 2006. 380 p.
2. Vlasov V.M. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobilej. [Maintenance and repair of cars.] M.: 2003. 480 p.
3. Vasil'ev V.I., ZHarov, S.P. Sovershenstvovanie metodiki korrekcirovaniya normativov upravleniya ehkspluataciej podvizhnogo sostava predpriyatij avtomobil'nogo transporta regional'nyh transportnyh sistem. 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 ehkspluataciya avtomobilej. [Technical operation of vehicles.] M.: Nauka, 2001. 535 p.



7. Kokorev G. D. Povyshenie ehffektivnosti sistemy tekhnicheskoy ehkspluatacii 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, №3. 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. Lout, D., Pascual, R. and Banjevic, D. Electrical Power and Energy Systems. 2009. №31. p. 401.
12. Taghipour, S. Banjevic D. 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.