

Особенности оценки эффективности деятельности передвижных авторемонтных мастерских при обслуживании автомобильной техники

*А.И. Недолужко, А.А. Котесова, М.Ф. Детлер, А.В. Криворотов,
А.Ю. Парубец*

Донской государственный технический университет, Ростов – на – Дону

Аннотация: Рассматриваются особенности деятельности передвижных авторемонтных мастерских. Предложены математические модели определения показателей, учитывающие случайность поступления требований на обслуживание и продолжительность самих обслуживаний.

Ключевые слова: передвижная авторемонтная мастерская, вероятность, критерии, комплексный показатель, эффективность.

В настоящее время техническое обслуживание и ремонт автомобильной техники проводится на стационарных сервисах и передвижными авторемонтными мастерскими (ПАРМ). ПАРМ применяются для профилактических, ремонтных и аварийных работ на автомагистралях, в армии, в сельском хозяйстве, на крупных горнодобывающих и нефтедобывающих предприятиях. Эффективность работы ПАРМ определяется её стратегией и территориальным распределением потребителей. Сравнительная оценка эффективности работы ПАРМ может быть произведена с использованием обобщенного критерия

$$П = \sum_{i=1}^n П_{Ki} \cdot K_{Bi} \quad (1)$$

где $П_{Ki}$ - комплексный показатель по i -му оцениваемому параметру, K_{Bi} - коэффициент весомости i -го комплексного показателя (определяется методом Дельфи, методом «мозговой атаки» и др.), $i = 1, 2, 3, \dots, n$ — число оцениваемых параметров. Комплексный показатель по i -му оцениваемому параметру предприятия определяют по формуле

$$П_{Ki} = \sum_{j=1}^n K_j \cdot K_{Bj} \quad (2)$$

где K_j —единичный показатель, характеризующий состояние j -го фактора, влияющего на комплексный показатель оцениваемого параметра (для всех составляющих оцениваемых параметров $K_j = 0...1$); K_{vj} — коэффициент весомости j -го фактора; $j = 1,2,3...n$ — число факторов, влияющих на оцениваемый параметр.

Большинство исследователей в качестве обязательных оцениваемых параметров предлагают включать [1-5]: Объем и номенклатуру оказываемых услуг (работ); техническая оснащенность ПАРМ и её кадровое обеспечение, оборудование и возможность осуществления технического контроля, экологическую безопасность, экономические требования. Вместе с тем, оценка некоторых единичных показателей для ПАРМ имеет ряд особенностей, заключающихся в случайности моментов поступления требований на обслуживание, продолжительность самих обслуживаний и территориальным размещением потребителей услуг[6-8]. Для оценки таких показателей используем аппарат марковских случайных процессов[9,10]. На рисунке 1 приведен простейший размеченный граф состояния системы

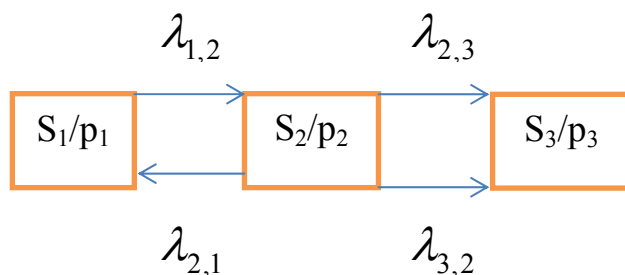


Рис. 1 Граф состояния системы

где S_1 -рабочее состояние (выполнение работ); S_2 - транспортное состояние (перемещение к месту ТО и ремонта, пункту дислокации и т.п.); S_3 -нерабочее состояние ПАРМ (пункт размещения); λ_{ij} -плотности вероятностей перехода ПАРМ из состояния S_i в состояние S_j ; P_i -вероятность состояния ПАРМ в момент времени t_i . Имея данные по плотностям

вероятностей переходов λ_{ij} , рассчитаем вероятности всех состояний системы в разные моменты времени. Для размеченного графа состояния система уравнений А.Н.Колмогорова примет вид:

$$\begin{aligned} \frac{dp_1(t)}{dt} &= -\lambda_{12}p_1 + \lambda_{21}p_2 \\ \frac{dp_2(t)}{dt} &= \lambda_{12}p_1 + \lambda_{32}p_3 - \lambda_{21}p_2 - \lambda_{23}p_2 \\ \frac{dp_3(t)}{dt} &= -\lambda_{32}p_3 + \lambda_{23}p_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Найдем финальные вероятности, характеризующие среднее время пребывания ПАРМ в соответствующих состояниях, приравняв левые части уравнений нулю и используя соотношения $P_1+P_2+P_3=1$. Получим:

$$P_1 = 1 : \left(1 + \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} + \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}}{\lambda_{32}\lambda_{21}} \right); \quad P_2 = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} P_1; \quad P_3 = \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}}{\lambda_{32}\lambda_{21}} P_1 \quad (4)$$

Циклические марковские процессы могут применяться для анализа работы автомобилей (рис.2). При этом автомобиль может быть исправным и работать (S_1), ожидать ремонта (S_2), ремонтироваться (S_3), ожидать работы после ремонта (S_4) и снова работать (S_1). Для предельных вероятностей $dP/dt=0$

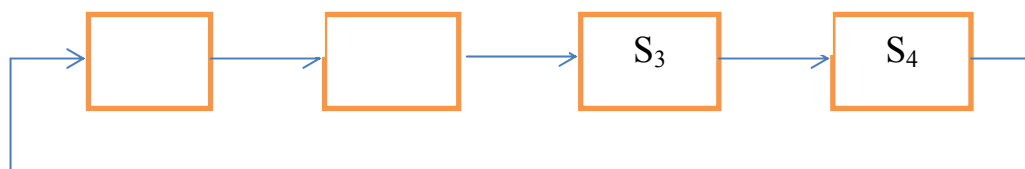


Рис. 2 Схема марковского циклического процесса

Считая процесс пуассоновским, найдем плотности вероятностей переходов, связав их со средним временем пребывания ПАРМ в определенном состоянии S_i :

$$\bar{t}_i = 1/\lambda_{i,i+1}, \text{ откуда } \lambda_{i,i+1} = 1/\bar{t}_i \text{ или в общем виде, } \lambda_{n1} = 1/\bar{t}_n \quad (5)$$

С учетом (4) и (5)

$$P_1 = 1 : \left(1 + \frac{1}{\bar{t}_1} (\bar{t}_2 + \bar{t}_3 + \dots + \bar{t}_n) \right) = \frac{\bar{t}_1}{\bar{t}_2 + \bar{t}_3 + \dots + \bar{t}_n}, \quad P_k = \bar{t}_k / \sum_{i=1}^n \bar{t}_i \quad (6)$$

Определим среднее время пребывания ПАРМ в соответствующих состояниях для нескольких пунктов технических воздействий. Для постоянной скорости перемещения имеем:

$$\sum_i^{n+1} t_{di} = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} L_i}{V} \quad (7)$$

где L_i –расстояние между пунктами технических воздействий и расположением (дислокацией ПАРМ); n -число территориальных требований на техническое воздействие; $n+1$ -число транспортных состояний ПАРМ с учетом возвращения к месту базирования. Суммарное время работы ПАРМ в течение смены равно:

$$\sum_{i=1}^n t_{Pi} = t_{НВ} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m TB_{ji} \quad (8)$$

где t_{Pi} -время технических воздействий на i -м участке; $t_{НВ}$ -нормативная трудоемкость j -го воздействия (TB_j) равная обратной величине часовой производительности ПАРМ, m -число видов технических воздействий. Продолжительность технического воздействия для конкретного требования является случайной величиной, влияние на которую оказывает множество факторов. В ряде работ эти факторы предлагают учитывать с помощью различных коэффициентов [1-4]

$$TB_j = \frac{\tau_j \cdot K_{Mj} K_D K_{ПРj}}{T_{см} C \cdot P_j \cdot K_{ПТj}} \quad (9)$$

где τ_j – трудоемкость j -го технического воздействия; K_{mj} - коэффициент учитывающий уровень механизации работ при j -ом воздействии; K_d - коэффициент, учитывающий достоверность информации при диагностике; $K_{прj}$ -коэффициент учитывающий потери рабочего времени по организационным причинам при j -ом воздействии; $T_{см}$ - продолжительность смены; C -число смен; P_j -среднее число одновременно работающих на посту при j -ом воздействии; $K_{птj}$ - коэффициент учитывающий сложность работ и квалификацию рабочих.

Время нахождения в пункте дислокации можно определить по зависимости:

$$T_d = \beta \cdot T_{см} - \left(\sum_{i=1}^{n+1} t_{di} + \sum_{i=1}^{n+1} t_{pi} \right) \quad (10)$$

где β – определяет форму работы ПАРМ (вахтовый метод, либо с ежедневным возвращением в пункт дислокации после завершения работ).

С учетом выражений (3), (6)-(9) определим вероятность нахождения ПАРМ в работе на первом пункте

$$P_{P1} = \left[1 + \frac{1}{\sum_{j=1}^m TB_j} \left[\sum_{i=1}^{n+1} \frac{L_i}{V} + \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m TB_{ij}}{\Pi} + \frac{1}{\beta T_{см} - \left(\sum_{i=1}^{n+1} t_{di} + \sum_{i=1}^{n+1} t_{pi} \right)} \right] \right]^{-1} \quad (11)$$

Вероятность нахождения ПАРМ в пути:

$$P_2 = P_1 \frac{\sum_{i=1}^{n+1} L_i}{\sum_{j=1}^m TB_{ji} V_{cp}} \quad (12)$$

Вероятность нахождения ПАРМ в пункте дислокации:

$$P_3 = \frac{P_1}{\sum_{j=1}^m TB_{ji} \beta T_{CM} - \left(\sum_{i=1}^{n+1} t_{di} + \sum_{i=1}^n t_{Pi} \right)} \quad (13)$$

Рассмотрим пример: с трех пунктов поступили заявки на техническое обслуживание техники с объемом воздействий: на первом- одно ТО-3(18часов), на втором и третьем по 2 ТО-3.Пункты расположены на расстояниях 30 и 50 км соответственно, расстояние от места дислокации ПАРМ до первого пункта 35км, до последнего 45км. Продолжительность смены составляет 16часов. ПАРМ работает вахтовым методом 6 дней. Средняя скорость перемещения автомобиля составляет 60км/час.

Используя зависимости 7,8,10 находим: $\sum_{i=1}^{n+1} \frac{L_i}{V} = 2.66ч$, $\sum_{i=1}^n t_{Pi} = 90ч$,

$$T_d = 3,34ч$$

Вероятность нахождения ПАРМ в рабочем состоянии на первом пункте $P_{p1} = 0,162$

На втором и третьем пунктах $P_{p2} = P_{p3} = 0,324$

Суммарная вероятность нахождения ПАРМ в рабочем состоянии

$$\sum_{i=1}^3 P_{p_i} = 0,81$$

показатели эффективности работы ПАРМ зависят от величины потока требований и его вариации, от производительности комплектующих её средств обслуживания. Для простейшего потока отказов вероятность появления определенного числа требований можно рассчитать по зависимости

$$P_{ka} = \frac{a^k}{k!} e^{-a} \quad (14)$$

где $a = \omega \cdot t$ - среднее число отказов возникающих за время t , ω - параметр потока отказов. В реальных условиях работы ПАРМ t обычно принимают равным 1 (1 час, 1 смена, 1 неделя и т.п.). Случайность потока требований и продолжительность их выполнения приводят к издержкам функционирования всей системы. Эти издержки можно задать функционалом:

$$N_u = C_1 \kappa + C_2 \cdot n + (C_1 + C_2) \cdot \omega / \mu \quad (15)$$

где C_1 - стоимость простоя автомобиля в очереди, κ - средняя длина очереди, C_2 - стоимость простоя ПАРМ, n - количество простаивающих ПАРМ, ω - параметр потока требований, μ - интенсивность обслуживания. Требуется так организовать работу ПАРМ, чтобы $N_u = \min$.

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. 7-9.
4. Детлер М.Ф., Криворотов А.В., Недолужко А.И., 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



5. Кузнецов Е.С., Болдин А.П., Власов В.М и др. Техническая эксплуатация автомобилей. – М.: Наука, 2001. – 535 с.
6. Базанов А.В., Бауэр В.И., Козин Е.С. Определение потребности в мобильных средствах для обеспечения работоспособности автотракторной техники при ремонте магистральных нефтепроводов// Научно-технический вестник Поволжья (Казань), 2012, №3. с. 50-53
7. Ключникова, О. В., Цыбульская, А. А., Шаповалова А.Г. Принципы выбора типа и количества строительных машин для комплексного производства работ // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2064.
8. Louit, D., Pascual, R. and Banjevic, D. Optimal Interval for Major Maintenance Actions in Electricity Distribution Networks // Electrical Power and Energy Systems. 2009. №31. pp. 396-401.
9. Samuel Karlin. A First Course in Stochastic Processes, 1968, p. 557
10. Weizsacker H. and Winkler G. (1990): Stochastic integrals. An introduction. Vieweg & Sohn, Braunschweig Wiesbaden. pp. 285-293

References

1. Vishneveckij Ju. T. Tehnicheskaja jekspluatacija, obsluzhivanie i remont avtomobilej [Technical maintenance, maintenance and repair of cars]. М.: Dashkov i K, 2006. 380 p.
 2. Vlasov V.M. Tehnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobilej [Maintenance and repair of cars]. М.: «Akademija», 2003. 480 p.
 3. Vasil'ev V.I., Zharov, S.P. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2012. №6. pp. 7-9.
 4. Detler M.F., Krivorotov A.V., Nedoluzhko A.I., Parubec A.Ju. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2017, №2. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4131>
-



5. Kuznecov E.S., Boldin A.P., Vlasov V.M i dr. Tehniceskaja jekspluatacija avtomobilej [Technical operation of cars]. M.: Nauka, 2001. 535 p.
6. Bazanov A.V., Baujer V.I., Kozin E.S. Nauchno-tehniceskij vestnik Povolzh'ja (Kazan'), 2012, №3. pp. 50-53
7. Kljuchnikova, O. V., Cybul'skaja, A. A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2064
8. Louit, D., Pascual, R. and Banjevic, D. Optimal Interval for Major Maintenance Actions in Electricity Distribution Networks Electrical Power and Energy Systems. 2009. №31. pp. 396-401.
9. Samuel Karlin. A First Course in Stochastic Processes, 1968 p. 557
10. Weizsacker H. " and Winkler G. (1990): Stochastic integrals. An introduction. Vieweg & Sohn, Braunschweig Wiesbaden. pp. 285-293