

11-1-2019

MATHEMATICAL MODEL OF DETERMINING THE OPTIMAL PERIOD OF TECHNICAL MAINTENANCE OF THE SPECIAL SELF-PROPELLED ROLLING STOCK

Z.G. Mukhamedova

Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, 100167, Uzbekistan, reine_m@mail.ru

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/tashiit>



Part of the [Transportation Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Mukhamedova, Z.G. (2019) "MATHEMATICAL MODEL OF DETERMINING THE OPTIMAL PERIOD OF TECHNICAL MAINTENANCE OF THE SPECIAL SELF-PROPELLED ROLLING STOCK," *Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers*: Vol. 15 : Iss. 3 , Article 26.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/tashiit/vol15/iss3/26>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

MATHEMATICAL MODEL OF DETERMINING THE OPTIMAL PERIOD OF TECHNICAL MAINTENANCE OF THE SPECIAL SELF-PROPELLED ROLLING STOCK

Cover Page Footnote

O'zbekiston temir yo'llari Joint stock company

УДК (UDC) 621.311; 629.423.

MATHEMATICAL MODEL OF DETERMINING THE OPTIMAL PERIOD OF TECHNICAL MAINTENANCE OF THE SPECIAL SELF-PROPELLED ROLLING STOCK

Мухамедова З.Г.¹
Mukhamedova Z.G.¹

1 – Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта
(Ташкент, Узбекистан)

1 – Tashkent institute of railway transport engineers (Tashkent, Uzbekistan)

Abstract. The article covers the mathematical model for determining the optimum periodicity of maintenance, separately for mechanical, electrical and hydraulic equipment for emergency recovery vehicles.

Keywords: mathematical model, rail service car, mechanical, electrical and hydraulic equipment, failures

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО САМОХОДНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Аннотация. В статье разработана математическая модель определения оптимальной периодичности технического обслуживания, отдельно по механическому, электрическому и гидравлическому оборудованию аварийно-восстановительных автомотрис.

Ключевые слова: математическая модель, автомотриса, механическое, электрическое и гидравлическое оборудование, отказы

Анализ характера, причин повреждений и режимов, приведшим к отказам автомотрис, эксплуатируемых в АО "Ўзбекистон темир йўллари" показал, что 50% повреждений приходится на механическое, 31,8% на электрическое и 18,2% на гидравлическое оборудование.

Результатом поиска и устранения неисправности автомотрисы, оценки возможности его выхода из строя, контроля качественных показателей операции технологического процесса со сложным механическим, электрическим и гидравлическим оборудованием, должна стать четкая, слаженная статическая и динамическая устойчивость работы монтажной площадки, позволяющая производить основные работы контактной сети. Для этого производится определенный регламент технического обслуживания с целью уменьшения параметра потока (интенсивности) отказов. Известно, что различают три принципа назначения периодов эксплуатации между профилактиками: регламентный, календарный и комбинированный [1,2]. Для автомотрис применяется комбинированный принцип, или так называемый смешанный режим, включающий в себя планово-предупредительный ремонт и неплановую профилактику.

Для автомотрисы, применяемой при монтаже и ремонте контактной сети, являющейся самой важной частью скоростной и высокоскоростной электрифицированной железной дороги, устанавливается предельное состояние ресурса, то есть срока службы по соображениям безопасности, по экономическим и другим показателям при установленной системе технического обслуживания.

При достижении заданных норм выработки ресурса, определяемым по графикам интенсивности отказов $x(t)$ или параметров потока отказов $\omega(t)$ находится время, начиная с которого начинается недопустимое увеличение λ и ω [4]. Известно, что проведение планово-

предупредительных ремонтов при возрастающих отклонениях от настроенных параметров и потока отказов $\omega(t)$, обусловленных старением и изменением параметров в следствии отклонения от установленных режимов эксплуатации объекта, уменьшает среднюю частоту потери нормального режима его работы [5,6]. Анализ средней стоимости предварительных осмотров и текущих ремонтов основных частей оборудования автотрисы показывает, что стоимость их трудозатрат $\sum C_{т.р.}$ меньше, чем потери от его аварийной работы $\sum_{j=1}^n C_{ав}$, приводящие к уменьшению его ресурса и потери от установленного движения электроподвижного состава (электровозов). Поэтому его можно корректировать в целях минимизации суммарных удельных затрат, решая эту задачу методом неопределенных множителей Лагранжа, который позволяет свести задачу условной оптимизации к более простой задаче безусловной оптимизации по критерию минимума ежегодных затрат, включая убытки от аварии, т.е. нахождение абсолютного экстремума [7].

$$Z = \sum_{i=1}^n (C_{п.л.з.i} \lambda_{zi} + C_{авi} \lambda_{авi}) \rightarrow \min \quad (1)$$

где $-\sum_{i=1}^n C_{п.л.з.i} \lambda_{zi}$ – суммарные затраты на предупредительное обслуживание i -го вида оборудования автотрисы;

λ_{zi} – интенсивность i -го вида отказов оборудования автотрисы;

$C_{авi}$ – суммарная стоимость аварийного ремонта i -го вида оборудования;

$\lambda_{авi}$ – интенсивность аварий от i -го вида оборудования.

Условие (1) адекватно критерию минимума удельных затрат:

$$z_i = \frac{3}{C_{авi}} = \lambda = (\sum_{i=1}^n C_{п.л.з.i} / \sum_{i=1}^n C_{авi}) \lambda_{пли} \rightarrow \min \quad (2)$$

Здесь:

$$\lambda_{пли} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_{пли}} \right) \int_0^{T_{пли}} \omega_{али}(t) dt$$

Из (2) следует равенство:

$$z_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_{пли}} \right) \left[\int_0^{T_{пли}} \omega_i(t) dt + \sum_{i=1}^n C_{п.л.з.i} / \sum_{i=1}^n C_{авi} \right] \quad (3)$$

Проведение объемов технического обслуживания механического, электрического и гидравлического оборудования автотрисы на допустимую погрешность в пределах его рабочего диапазона оправдан экономически, если стоимость его удельных затрат на единицу времени меньше, чем стоимость устранения аварий и производственных издержек. Следовательно, относительный минимум целевой функции (3) необходимо искать при ограничении:

$$\sum_{i=1}^n C_{п.л.з.i} \leq \sum_{i=1}^n C_{авi}$$

или

$$\sum_{i=1}^n C_{п.л.з.i} / \sum_{i=1}^n C_{авi} \leq 1 \quad (4)$$

Учитывая ограничение (4), что параметр потока отказа $\omega(t)$ для данного объекта можно в первом приближении можно записать в виде $\omega(t) = a \exp(bt)$, где, a и b – коэффициенты, учитывающие параметры отказов для видов оборудования, k – задаваемый коэффициент с текущей стоимостью плановых технических обслуживаний. Для целевой функции (3) запишем функцию Лагранжа:

$$L = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_{пли}} \right) \left[\int_0^{T_{пли}} a_i \exp(b_i t) dt + \sum_{i=1}^n C_{п.л.з.i} / \sum_{i=1}^n C_{авi} \right] + l \left[\sum_{i=1}^n k \omega_i(T_{пли}) - \sum_{i=1}^n \omega(T_{ав}) \right] \rightarrow \min \quad (5)$$

В формуле (5) укажем, что среднестатистический рост параметра потока отказа металлоконструкции, в основном вследствие ослабления подшипников в осевом направлении, трещин и погнутости балок, можно аппроксимировать функцией (рис. 1):

$$\omega_{мет.}(t) = 0,007 \exp(0,3t) \quad (6)$$

а для электрооборудования вследствие преимущественного износа их изоляции, отказа соединительных разъемов и контактов, поток отказов аппроксимируется как

$$\omega_{эл.}(t) = 0,005 \exp(0,2t) \quad (7)$$

и для гидравлического оборудования вследствие износа уплотнения штока или поршня, а также наличия в системе воздуха и т.д. поток отказов выражается в виде

$$\omega_{\text{зуд.}}(t) = 0,003 \exp(0,13t) \quad (8)$$

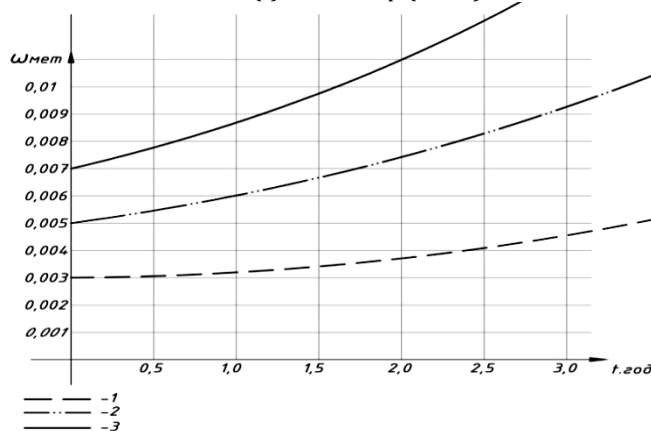


Рисунок 1. Изменение параметра потока отказов: 1) металлического оборудования; 2) электрооборудования; 3) гидравлического оборудования

Первый член выражения (5) обозначим через $F(t)$. Минимальное значение этой функции определяем приравниванием к нулю производственных по всем переменным:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial T_{\text{пл1}}} &= \frac{\partial F}{\partial T_{\text{пл1}}} + \frac{\partial K \omega_1(T_{\text{пл1}})}{\partial T_{\text{пл1}}} - \frac{\partial \omega_1(T_{\text{аб1}})}{\partial T_{\text{пл1}}}, \\ \frac{\partial L}{\partial T_{\text{пл2}}} &= \frac{\partial F}{\partial T_{\text{пл2}}} + \frac{\partial K \omega_2(T_{\text{пл2}})}{\partial T_{\text{пл2}}} - \frac{\partial \omega_2(T_{\text{аб2}})}{\partial T_{\text{пл2}}}, \\ \frac{\partial L}{\partial T_{\text{пл3}}} &= \frac{\partial F}{\partial T_{\text{пл3}}} + \frac{\partial K \omega_3(T_{\text{пл3}})}{\partial T_{\text{пл3}}} - \frac{\partial \omega_3(T_{\text{аб3}})}{\partial T_{\text{пл3}}}, \\ \frac{\partial L}{\partial t} &= \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial K \omega(T_{\text{пл}i})}{\partial t} - \frac{\partial \omega(T_{\text{аб}i})}{\partial t}, \end{aligned} \quad (9)$$

Решая полученную систему, относительно $T_{\text{пл1}}$, $T_{\text{пл2}}$, $T_{\text{пл3}}$, при указанных выше численных параметрах отказов и заданных $C_{\text{пл.з.}i}$ а также $C_{\text{ав}i}$ получаем оптимальную периодичность планово-предупредительных ремонтов отдельно по механическому, электрическому и гидравлическому оборудованию, что составляет соответственно 372,8ч; 500ч; 620,2 час.

Обобщающий вывод

1. При проектировании, изготовлении и использовании монтажной площадки автотрисы необходимо руководствоваться как техническими, так и экономическими мероприятиями, направленными на обеспечение не только обобщенной нормой надежности, но и на показатели нормы надежности по отдельным видам оборудования, обеспечивающим заданную эффективность функционирования при минимальных затратах на эксплуатацию. Показана целесообразность расчета предельно допустимых значений интенсивности отказов с учетом сложности существующего соотношения надежности механического, электрического и гидравлического оборудования, что согласовывается результатами теоретических исследований и рекомендуемыми положениями по периодичности технического обслуживания.

2. С учетом эксплуатационной технологичности монтажной площадки и средней стоимости текущих ремонтов, а также затрат на аварийно-восстановительную работу разработана математическая модель определения оптимальной периодичности технического обслуживания с использованием неопределенных множителей Лагранжа.

Математические модели могут быть использованы для проектирования и исследования основных характеристик надежности монтажных площадок эксплуатируемых автотрис на АО "Ўзбекистон темир йўллари".

Литература

1. Аколян Г.А. Актуальность задачи технического диагностирования // Локомотив - 1997,- №9 с.45-47
2. Горский А.В. Ремонт по результатам диагностирования // Локомотив-1998,- № 12 с. 37-39
3. Руководство по эксплуатации АС-АОГ-01М . Научно- производственный комплекс "Автоматизированные системы". Ростов на Дону, 2014. 23с
4. Воронин А.А., Мишин С.П. иерархические структуры. М.: ИПУ РАН. 2003. 210 с.
5. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин. Киев: издательство УСХА. 1990-168с. ISBN 5-7987-0044-5.
6. Кудрецкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами EXCEL 7.0 СПб-1997-192с.
7. Гук Ю.Б.. Теория надежности в электроэнергетике. Л. Энергоатомиздат. 1990. 208с

References

1. Akolyan G.A. The relevance of the task of technical diagnosis // Lokomotiv -1997, - No. 9 p. 45-47.
2. Gorsky A.V. Repair based on the results of diagnosis // Lokomotiv-1998, - No. 12 p. 37-39.
3. Manual on AC-AOG-01M operation. "Automated Systems" Research-Production Complex. Rostov-on-Don, 2014. 23 p.
4. Voronin A.A., Mishin S.P. Hierarchic structures. M.: IPU RAS. 2003. 210 p.
5. Ovcharov V.V. Operational modes and continuous diagnostics of electric cars. Kiev: USHA publishing house. 1990 – 168 p. ISBN 5-7987-0044-5.
6. Kudretsky B.Ya. Search for optimal solutions using EXCEL 7.0. SPb - 1997-192 p.
7. Hook Yu.B. Reliability theory in electric power industry. L. Energoatomizdat. 1990. 208 p.

Сведения об авторах / Information about the authors

Мухамедова Зиёда Гафуржановна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник-соискатель, докторант кафедры «Транспортная логистика и сервис», Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, телефон: +998-90-926-62-60,
e-mail: reine_m@mail.ru

Mukhamedova Ziyoda Gafurzhanovna - Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher-applicant for Doctor's degree, doctorate student, Department of Transport Logistics and Service, Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, Uzbekistan, Phone: +998-90-926-62-60,
e-mail: reine_m@mail.ru