

УДК 629.488

В. В. ЛАГУТА^{1*}, Т. Н. СЕРДЮК^{2*}

^{1*} Каф. «Автоматика, телемеханика и связь», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепро, Украина, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта vasilij.laguta@gmail.com, ORCID 0000-0002-2609-4071

^{2*} Каф. «Автоматика, телемеханика и связь», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепро, Украина, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта serducheck-t@rambler.ru, ORCID 0000-0002-4957-9178

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С УЧЕТОМ ВЫБОРА ВАРИАНТОВ КОМПЛЕКТАЦИИ ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ

Цель. Целью исследования является моделирование параметров системы диагностирования тяговых электродвигателей локомотивов для обеспечения заданного уровня надежности. **Методика.** Исследования выполнены на основе процедуры многокритериальной оптимизации, методов теории надежности и теории восстановления. **Результаты.** В статье представлена процедура многокритериальной оптимизации системы диагностики тягового электродвигателя, учитывающая несколько показателей качества: количество моментов диагностирования, среднюю наработку на отказ. Дан метод построения моментов диагностирования компонент тягового электродвигателя с дальнейшим определением рациональных объемов диагностирования и определения соответствующих результирующих моментов диагностирования двигателя как единой системы. Моменты диагностирования выбираются так, чтобы вероятности отказов компонентов не опускались ниже наперед заданной величины. **Научная новизна.** Предложен новый метод построения рациональной системы диагностирования тягового электродвигателя на множестве Парето критериев: минимум количества выполнения диагностик, максимум средней наработки на отказ. **Практическая значимость.** Исследования выполнены в соответствии с «Государственной программой стратегического развития железных дорог Украины», подготовленной Государственным научно-исследовательским центром железнодорожного транспорта Украины совместно со специалистами Укрзалізничці, и Программой обновления тягового подвижного состава железных дорог на период до 2020 года. Необходимое качество системы диагностирования следует определять совместно с объектом диагностики, учитывая требования, предъявляемые к последнему. Система диагностирования технического объекта зависит от технологии производства и технологии восстановления применяемых компонент, что дает возможность выбирать исполнителя проведения восстановительных работ или производителя компонент объекта, и в дальнейшем перейти от планово-предупредительной технологии обслуживания к обслуживанию по состоянию объекта.

Ключевые слова: сложная система, система диагностирования, эффективность диагностической системы, моменты диагностирования, тяговый электродвигатель.

Введение

Новый этап в развитии систем содержания, как тяговых электродвигателей (ТЭД), так и локомотивного парка в целом, невозможно без широкого использования диагностических систем и приборов. В результате, большинство железных дорог в технически развитых странах в конце шестидесятых – в начале семидесятых годов прошлого века приступили к созданию средств технического диагностирования и систем контроля технического состояния тягового подвижного состава (ТПС).

На определенном этапе развития средств технического диагностирования была выдвинута гипотеза о возможности постепенного «отмирания» основных взаимосвязанных регла-

ментов существующей планово-предупредительной системы: нормы периодичности, цикличности; перечень обязательных работ для каждого вида технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР), расхода запасных частей и т. д.

В соответствии с «Государственной программой стратегического развития железных дорог Украины», подготовленной Государственным научно-исследовательским центром железнодорожного транспорта Украины совместно со специалистами Укрзалізничці, была разработана отраслевая Программа обновления тягового подвижного состава железных дорог на период до 2020 года, где указано на необходимость создания бортовых и стационарных

средств технического диагностирования и алгоритмов их работы; освоение производства средств контроля и диагностирования. Таким образом, исследования, связанные с разработкой системы эффективного диагностирования тягового электродвигателя с учетом параметров его комплектации, являются актуальной научно-технической задачей.

Целью исследования является моделирование параметров системы диагностирования тяговых электродвигателей локомотивов для обеспечения установленного уровня надежности для научного обоснования метода технического обслуживания «по состоянию объекта».

Задача исследования – выбор параметров рациональной системы диагностирования тягового электродвигателя локомотива.

Научные изыскания в данном направлении дают возможность более обоснованно ответить на вопрос о возможности применения диагностирования вместо планового технического содержания локомотивов или рядом с плановостью, но в качестве лишь фактора, который корректирует плановую систему и объемы ремонтных работ, [1 – 4].

Теоретическим основам разработки методов и средств технического диагностирования посвящены работы ученых А. А. Босова, Б. Е. Боднаря, Т. В. Бутко, Г. Ф. Верзакова, Т. Ф. Кузнецова, А. В. Мозгалева, Я. Я. Осиса, Е. С. Павловича, П. П. Пархоменко, Е. А. Пахомова, Э. Э. Риделя, Е. С. Согомоняна, В. В. Стрекопитова, Э. Д. Тартаковского, В. А. Четвергова и др.

Работы по развитию средств и методов технической диагностики локомотивов выполнялись в научно-исследовательских учреждениях и вузах как на Украине, так и в странах СНГ под руководством А. А. Бабанина, А. И. Володина, А. Д. Глущенко, А. Л. Голубенко, И. П. Исаева, О. П. Кудряша, В. Д. Кузьмича, Н. М. Лукова, Н. А. Малоземова, Ю. А. Магнитского, Э. А. Пахомова, И. Ф. Пушкарева, Т. Ф. Ставрова, В. В. Стрекопытова, Э. Д. Тартаковского, В. А. Четвергова, А. А. Чернякова и др.

В настоящее время современные системы содержания ТЭД строятся с использованием наблюдений о текущем состоянии, что приводит к необходимости разработки устройств и систем диагностики [5]. Диагностика имеет место в том случае, когда процесс характеризуется монотонно изменяющимися во времени параметрами. Такими параметрами, например, могут быть параметры функции интенсивности

отказов.

Надежность элементов сложной системы различна, поэтому и период их диагностирования и профилактики будет различным. Однако, если проводить профилактику по состоянию элементов, то необходимо затратить больше времени.

Постановка задачи. Исходные данные

Для тягового электродвигателя систему диагностирования будем проектировать как для объекта, состоящего из трех элементов: коллектор со щетками (Э1), якорь (Э2), магнитная система (Э3). Каждый из элементов характеризуется функцией интенсивности отказов. Причем, при восстановлении объекта или его проектировании, возможен выбор элементов обладающих различными функциями интенсивности отказов. Такая ситуация возможна, поскольку элементы изготавливаются различными производителями или восстанавливаются разными ремонтными предприятиями.

Система диагностирования ТЭД определяется в виде последовательности пар (τ_i, ν_i) , $i = \overline{1, n}$, τ_i – моменты проведения диагностики, ν_i – соответствующие объемы диагностики (перечень элементов подвергающихся диагностированию), n – количество моментов диагностирования за наработку T . Целью диагностической системы является формирование управляющего воздействия при возникновении неисправности. В качестве критериев оценки эффективности функционирования диагностической системы принимаем

$$\min \left\{ \begin{matrix} n \\ -T \end{matrix} \right\}. \quad (1)$$

Векторная постановка задачи присуща многим задачам аналитического проектирования эффективных систем, решение которых требует разработки специальных методов [6 – 8].

В качестве исходной информации полагаем известным поведение интенсивностей отказов элементов ТЭД без учета профилактических работ в течении достаточно большой наработки.

Каждому значению момента диагностики приписывается коэффициент (усредненное значение) γ_j , $\{0 \leq \gamma_j \leq 1\}$, $j = \overline{1, n}$, характеризующий уменьшение интенсивностей отказов элементов объекта после проведения необходимой профилактики в момент диагностики.

Моменты диагностирования выбираются так, чтобы вероятности отказов элементов не опускались ниже наперед заданной величины $\tilde{P}$. Далее моменты проведения диагностики классифицируются (объединяются), составляя элементы диагностирования в один объем с некоторой точностью δ так как описано в [1] касательно восстановления технических объектов.

ТЭД может комплектоваться своими элементами с разными надежностными характеристиками (функции интенсивности отказов). В рассматриваемой задаче функции интенсивности отказов являются монотонно возрастающими (в расчетах линейные) и взяты из работы [2] для двигателя НБ-406. Функция $\lambda_{ij}(t)$ характеризует поток отказов на первом периоде диагностики i -го элемента ТЭД, $i = \overline{1,3}$ с номером j , $j = \overline{1, l_i}$, l_i – количество i -ых элементов. Известно, если интенсивность отказа объекта постоянна, то диагностика с профилактикой в надежности выигрыша не дает.

Исходные данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные задачи определения системы диагностирования ТЭД

Параметры настройки алгоритма	Интенсивность потока отказов элементов ТЭД		
	Коллектор со щетками (Э1) [тыс. км ⁻¹]	Якорь (Э2) [тыс. км ⁻¹]	Магнитная система (Э3) [тыс. км ⁻¹]
$\gamma_j \in \{0.7, 0.8, 0.9\},$ $j = \overline{1, n}$	$\lambda_{11}(t)$	$\lambda_{21}(t)$	$\lambda_{31}(t)$
$\tilde{P} \in \{0.95, 0.9\}$		$\lambda_{22}(t)$	$\lambda_{32}(t)$
$\delta = 12$ тыс. км		$\lambda_{23}(t)$	
Количество элементов	$l_1 = 1$	$l_2 = 3$	$l_3 = 2$

Порядок построения системы диагностирования

Пусть $\lambda_1^0(t)$, $\lambda_2^0(t)$, $\lambda_3^0(t)$ интенсивности отказов элементов выбираемых как вариант комплектации $\lambda_1^0(t) = \lambda_{11}(t)$; $\lambda_2^0(t) = \lambda_{2j}(t)$,

$$j = \overline{1, l_2}; \lambda_3^0(t) = \lambda_{3j}(t), j = \overline{1, l_3}.$$

Первоначально моменты диагностики для i -го элемента t_{ik} , где k – номер момента, определяются из условия, что вероятность безотказной работы элемента не ниже наперед заданной величины $\tilde{P}_i$.

$$P_i(t_{ik}) = e^{-\int_{\alpha}^{\beta} \lambda_i^{k-1}(\tau) d\tau} \geq \tilde{P}_i, k = 1, 2, 3, \dots,$$

$$\alpha = t_{ik-1}, \beta = t_{ik}, t_{i0} = 0, \quad (2)$$

где $P_i(t_{ik})$ – вероятность безотказной работы i -го элемента объекта на k -том периоде диагностирования; $\lambda_i^k(\tau)$ интенсивность отказов i -го элемента на k -том периоде диагностирования (рис. 1).

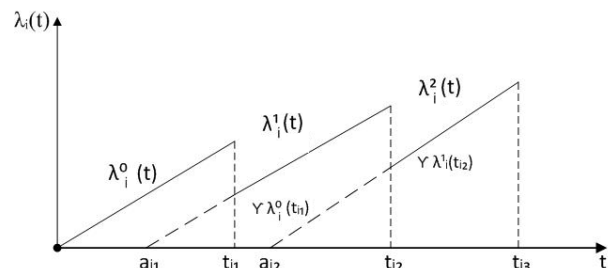


Рис. 1. Функция интенсивности отказов i -го элемента

Функции $\lambda_i^k(t)$, $k = 1, 2, 3, \dots$ определяются $\lambda_i^1(t) = \lambda_i^0(t - a_{i1})$; $\lambda_i^2(t) = \lambda_i^1(t - a_{i2})$; ... ; $\lambda_i^k(t) = \lambda_i^{k-1}(t - a_{ik}), \dots$,
причем

$$\lambda_i^k(t) = \begin{cases} 0, & t < t_{ik} \\ \lambda_i^{k-1}(t - a_{ik}), & t \geq t_{ik} \end{cases}. \quad (3)$$

Соответствующие величины смещения a_{ik} находятся из решения уравнений $\lambda_i^0(t - a_{i1}) = \gamma \cdot \lambda_i^0(t_{i1})$; ... ; $\lambda_i^0(t - a_{i2}) = \gamma \cdot \lambda_i^1(t_{i2})$; $\lambda_i^0(t - a_{i2}) = \gamma \cdot \lambda_i^{k-1}(t_{i2})$; ...

Количество диагностик для i -го элемента соответствует условию выполнения неравенства

$$t_{i, m_i+1} - t_{i, m_i} \leq \delta, \quad (4)$$

если интенсивность отказов непостоянная величина. Величина t_{i,m_i} принимается в качестве средней наработки на отказ $T_i = t_{i,m_i}$ i -го элемента $m_i = \max_k k, \max t_{ik} \leq T_i$, а m_i – соответствующее количество диагностик за эту наработку.

Среднюю наработку на отказ i -го элемента $T_i = \int_0^{\infty} P_i(\tau) d\tau$ можно определить приближенно, учитывая особенность представления функции интенсивности отказов, как

$$T_i = I_{i0} + I_{i1} + I_{i2} + \dots + I_{in}, \quad (5)$$

$$\text{где } I_{ik} = \int_{\alpha}^{\beta} e^{-\int_{\alpha}^{\tau} \lambda_i^{k-1}(\theta) d\theta} d\tau, \quad k=1,2,\dots,n,\dots,$$

$\alpha = t_{ik-1}$, $\beta = t_{ik}$, $I_{in+1} \leq \varepsilon$, а ε – заданная точность вычисления несобственного интеграла T_i .

Средняя наработка на отказ объекта составит

$$T_0 = \min\{T_1, T_2, T_3\}. \quad (6)$$

Далее моменты диагностирования и объемы диагностики уточняются. Имея в виду определение рациональной системы диагностирования, пойдём по пути объединения моментов диагностики. В нашем случае минимизируется количество моментов времени диагностики. Как было определено выше, система диагностирования первоначально задается набором периодов по наработке для каждого элемента. Это означает, что набор t_{ik} , $k = \overline{1, m_i}$ определяет систему диагностирования для i -го элемента.

Моменты диагностирования объединяются в соответствии с процедурой, описанной в [1]. Полученные моменты диагностики $\{t_{ik}\}$, $k = \overline{1, m_i}$, $i = \overline{1, 2, 3}$ объединяются в один массив по возрастанию, в результате получим единый массив $\{\tau'_i\}$, $i = \overline{1, m}$, $m = m_1 + m_2 + m_3$.

Если при построении системы диагностирования наработки некоторых объемов диагностики будут отличаться друг от друга на величину не более чем $\delta > 0$, то такие объемы составляются вместе и им назначается минималь-

ная наработка – строится система диагностирования с недоработкой. Если составленным объемам тестирования назначается наработка равная минимальной наработке, соответствующая объединенным элементам плюс δ , то строится система диагностирования с переработкой. При объединении с точностью δ нескольких моментов диагностики считается, что получен один момент времени тестирования. В результате проведения процедуры объединения моментов диагностики элементов получим результирующие моменты наработки $\{\tau_i\}$, $i = \overline{1, n}$, n – количество моментов диагностики.

Объем диагностики представляет $V \in 2^{\mathfrak{A}} \setminus \emptyset$, $\mathfrak{A} = \{\mathfrak{A}_1, \mathfrak{A}_2, \mathfrak{A}_3\}$ (рис. 2).

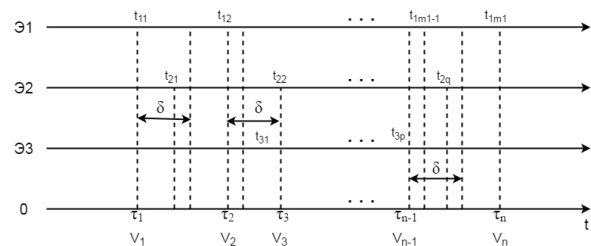


Рис. 2. Выбор моментов и объемов диагностирования:

δ – точность построения системы диагностирования; τ_i – i -й момент диагностики; V_i – объем диагностирования для i -го момента тестирования: $V_1 = \{\mathfrak{A}_1, \mathfrak{A}_2\}$, $V_2 = \{\mathfrak{A}_1\}$, $V_{n-1} = \{\mathfrak{A}_3, \mathfrak{A}_1, \mathfrak{A}_2\}$, $V_n = \{\mathfrak{A}_1\}$

Выбор предпочтительных элементов из паретовского множества осуществлялся самым простым способом: путем их сравнительной оценки, сворачиванием частных критериев в единый, используя линейную свертку

$$L(\lambda) = \sum_j c_j F_j(\lambda), \quad (7)$$

где c_j – некоторые положительные коэффициенты, нормированные определенным способом; $\lambda = [\lambda_1^0(t), \lambda_2^0(t), \lambda_3^0(t), \gamma, \tilde{P}, \delta]$ – вектор параметров критерия; $F_j(\lambda)$ – значение j -го критерия, $j = 1, 2$.

Нормировочными значениями коэффициентов приняты $c_1 = 1$, $c_2 = 31.362$, выбирались из условия уравнивания средних значений $F_1(\lambda)$ и $F_2(\lambda)$, табл. 2.

Анализ отобранных моделей в соответствии с критерием (7) позволяет отдать предпочтение варианту комплектации ТЭД $\{\lambda_{11}, \lambda_{23}, \lambda_{32}\}$.

Принятие решения в определении системы диагностирования ТЭД

Интенсивность отказов элементов			Наработка на отказ Т, тыс. км; $F_1(\lambda)$	Количество диагностик $F_2(\lambda)$	Принадлежность множеству Парето (*)	Критерий $L(\lambda)$, $c_1 = 1$, $c_2 = 31,36$
Элемент Θ_1	Элемент Θ_2	Элемент Θ_3				
$\lambda_{11}(t)$	$\lambda_{21}(t)$	$\lambda_{31}(t)$	438	15		1.034
	$\lambda_{21}(t)$	$\lambda_{32}(t)$	472	12		-3.050
	$\lambda_{22}(t)$	$\lambda_{31}(t)$	501	16	*	0.0256
	$\lambda_{22}(t)$	$\lambda_{32}(t)$	527	21		6.196
	$\lambda_{23}(t)$	$\lambda_{31}(t)$	546	18	*	0.591
	$\lambda_{23}(t)$	$\lambda_{32}(t)$	485	10	*	-5.464

Выбор экспертов при опросе пал на предпочтение варианта $\{\lambda_{11}, \lambda_{22}, \lambda_{31}\}$ – первый эксперт и $\{\lambda_{11}, \lambda_{23}, \lambda_{32}\}$ – второй эксперт.

Замечание. Время проведения диагностики и время восстановления элементов, если такая необходимость возникает, в процессе моделирования системы диагностирования не учитывались.

Результаты

Представлена процедура многокритериальной оптимизации системы диагностики тягового электродвигателя, учитывающая несколько показателей качества: количество моментов диагностирования, среднюю наработку на отказ. Разработан метод построения моментов диагностирования компонент тягового электродвигателя с дальнейшим определением рациональных объемов диагностирования и определения соответствующих результирующих моментов диагностирования двигателя как единой системы.

Моменты диагностирования выбирались таким образом, чтобы вероятности отказов компонентов не опускались ниже наперед заданной величины.

Научная новизна и практическая ценность

Предложен новый метод построения рациональной системы диагностирования тягового

электродвигателя на множестве Парето критериев: минимум количества выполнения диагностики, максимум средней наработки на отказ.

Исследования выполнены в соответствии с «Государственной программой стратегического развития железных дорог Украины», подготовленной Государственным научно-исследовательским центром железнодорожного транспорта Украины совместно со специалистами Укрзалізнични, и Программой обновления тягового подвижного состава железных дорог на период до 2020 года.

Внедрение предложенной системы диагностики позволит увеличить безопасность движения поездов и перейти в дальнейшем от планово-предупредительной технологии обслуживания к обслуживанию по состоянию объекта.

Выводы

Разработан метод построения моментов диагностирования компонент тягового электродвигателя с дальнейшим определением рациональных объемов диагностирования и определения соответствующих результирующих моментов диагностирования двигателя как единой системы.

Установлено, что необходимое качество системы диагностирования следует определять совместно с объектом диагностики, учитывая требования, предъявляемые к последнему.

Система диагностирования технического

об'єкта závisит от технології виробництва и востановлення применяемых компонент, что дает возможность выбирать исполнителя востановительных работ или производителя элементов об'єкта.

БИБЛІОГРАФІЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Босов, А. А. Теоретические основы рационального содержания подвижного состава железных дорог: монография /А. А. Босов, П. А. Лоза. – Днепропетровск: Дриант, 2015. – 252 с.
2. Капица, М. І. Розвиток наукових основ удосконалення систем утримання тягового рухомого складу: Дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.07 / Капица Михайло Іванович// Дніпропетровський нац. ун-т залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – 349 с.
3. Кузнецов, Т. Ф. Автоматизовані діагностично-статистичні комплекси та їх застосування в системі утримання тягового рухомого складу залізниць / Т. Ф. Кузнецов, М. І. Капица // Вісн. Кременчуцького держ. політехн. ун-ту. – 2002. – Вип. 3(114) – С. 100–104.
4. Капица, М. И. Основные пути развития диагностики локомотивов / М. И. Капица, Б. Е. Боднар, Я. Е. Савич // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ, 2003. – № 9(67) – С. 96–100.
5. А. Е. Дубинин. Устройство телеметрического контроля тягового электродвигателя / А. Е. Дуби-

нин, А. А. Дубинин, Н. Н. Цаплин // I Международная научно-практическая конференция «Инновации в системах обеспечения движения поездов» Тезисы, 2016. – Самара : СамГУПС, 2016. – 64 с.

6. Dong-Seok Kong. Method and Case Study of Multiobjective Optimization-Based Energy System Design to Minimize the Primary Energy Use and Initial Investment Cost [Електрон. ресурс] / Dong-Seok Kong, Yong-Sung Jang, Jung-Ho Huh Energies // 2015, Vol. 8, P. 6114 – 6134. – Режим доступа: www.mdpi.com/journal/energies. DOI:10.3390/en8066114

7. Priftis. Parametric Design and Multiobjective Optimization of Containerships / Priftis, Alexandros, Papanikolaou, Apostolos, Plessas, Timoleon // Journal of Ship Production and Design. – February 2017. – Vol. 33, № 1. – P. 46 – 59.

8. Evolutionary Multi-Criterion Optimization. 9th International Conference [Електрон. ресурс] / ЕМО. – Münster, Germany, March 19 – 22, 2017. Режим доступа: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-54157-0>

Стаття рекомендована к печати д. т. н., проф. М. И. Капицей (Украина), д. т. н., проф. Бойником А. Б. (Украина)

Надійшла до редколегії 15.05.2017

Прийнята до друку 09.06.2017

В. В. ЛАГУТА, Т. М. СЕРДЮК

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА З УРАХУВАННЯМ ВИБОРУ ВАРІАНТІВ КОМПЛЕКТАЦІЇ ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ

Мета. Метою дослідження є моделювання параметрів системи діагностування тягових електродвигунів локомотивів для забезпечення встановленого рівня надійності. **Методика.** Дослідження виконані на основі процедури багатокритеріальної оптимізації, методів теорії надійності і теорії відновлення. **Результати.** У статті надана процедура багатокритеріальної оптимізації системи діагностики тягового електродвигуна, що враховує декілька показників якості: кількість моментів діагностування, середнє напрацювання на відмову. Представлено метод побудови моментів діагностування компонент тягового електродвигуна з подальшим визначенням раціональних обсягів діагностування і визначення відповідних результуючих моментів діагностування двигуна як єдиної системи. Моменти діагностування вибираються так, щоб ймовірності відмов компонентів не опускалися нижче наперед заданої величини. **Наукова новизна.** Запропоновано новий метод побудови раціональної системи діагностування тягового електродвигуна на множині Парето критеріїв: мінімум кількості виконання діагностик, максимум середнього напрацювання на відмову. **Практична значимість.** Дослідження виконані відповідно до «Державної програми стратегічного розвитку залізниць України», підготовленої Державним науково-дослідним центром залізничного транспорту України спільно з фахівцями Укрзалізниця, і Програмою оновлення тягового рухомого складу залізниць на період до 2020 року. Необхідну якість системи діагностування слід визначати спільно з об'єктом діагностики, враховуючи вимоги що пред'являються до останнього. Система діагностування технічного об'єкта залежить від технології виробництва і технології відновлення застосовуваних компонент, що дає можливість обирати виконавця проведення відновлювальних робіт або виробника компонентів об'єкта, і в подальшому перейти від планово-попереджувальної технології обслуговування до обслуговування за станом об'єкта.

Ключові слова: складна система, система діагностування, ефективність діагностичної системи, моменти діагностування, тяговий електродвигун.

MODELING AN EFFECTIVE SYSTEM FOR DIAGNOSING A TRACTION MOTOR WITH ACCOUNTING FOR SELECTION OF ITS ELEMENTS ASSEMBLY OPTIONS

Purpose. The purpose of study is the simulation the parameters of the locomotive traction motor diagnosis system to ensure a given level of reliability. **Methodology.** The research was carried out on the basis of the multicriteria optimization procedure, methods of the reliability theory and the recovery theory. **Results.** The procedure of multicriteria optimization for the traction motor diagnostics system was presented that accounts for the following quality indicators: the number of diagnostic moments, and the mean time to failure. A method for constructing the moments of diagnosing components of a traction motor have been presented with the further determination of rational volumes of diagnosis and determination of corresponding resulting moments of diagnosing the engine as a single system. The diagnosis moments are selected so that the failure probability of the components does not fall below the pre-set value. **Novelty.** A new method for constructing a rational system for diagnosing a traction motor has been proposed by the definition of the Pareto criteria: the number of diagnostic tests, the mean time between failures. **Practical value.** The Research was carried out with the State Program for the Strategic Development of Railways of Ukraine prepared by the State Research Center for Railway Transport of Ukraine in conjunction with the specialists of Ukrzaliznytsia, and Renovation Program of the Traction Rolling-Stock of Railways to the 2020 year. The necessary quality of the diagnostic system should be determined according to the diagnosed object, taking into account the requirements imposed on the latter. The system of diagnosing of a technical object depends on the production technology and the technology of renovation of the components used, which makes it possible to choose the performer of the repair work or the manufacturer of the components of the technical object.

Keywords: complex system, diagnostic system, the effectiveness of the diagnostic system, the moments of diagnosis, the traction motor.