

УДК 62

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИНДИКАЦИИ ИЗНОСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И ЭЛЕМЕНТОВ

*Л. Н. Ананченко, И. С. Клименко, Н. В. Лимаренко*

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Проведен анализ используемых на сегодняшний день способов индикации износа технологических элементов. Дан сравнительный анализ двух методов индикации износа: способ трехуровневой индикации и метод индикации с помощью токопроводящего слоя. Проведен сравнительный анализ способов индикации износа по параметрам: индикация критического износа, непрерывная индикация износа, корректная работа при неравномерном износе, количество индикаторов. Подведены результаты проведенного анализа, по которым было установлено неоспоримое преимущество одного из способов индикации износа.

**Ключевые слова:** износ, индикация, анализ, фрикционная накладка, световая индикация, акустическая индикация, тормозные системы.

## ANALYSIS OF METHODS OF ELECTRICAL INDICATION OF WEAR OF TECHNOLOGICAL COMPLEXES AND ELEMENTS

*L. N. Ananchenko, I. S. Klimenko, N. V. Limarenko*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The paper provides the analysis of the currently used methods for indicating the wear of technological elements. A comparative analysis of two methods of wear indication is given: a three-level indication method and an indication method using a conductive layer. A comparative analysis of the methods of wear indication was carried out according to the parameters: indication of critical wear, continuous wear indication, correct operation with uneven wear, the number of indicators. The results of the analysis are summarized, according to which the undeniable advantage of one of the methods of wear indication was established.

**Keywords:** wear, indication, analysis, friction pad, light indication, acoustic indication, brake systems.

**Введение.** Износ — разрушение поверхности технологических элементов при трении, выраженный изменением их формы и размеров.

Технологическими элементами, в зависимости от области промышленности, могут выступать фрикционные элементы механизмов, станков и транспортно-технологических систем. Существует множество, в зависимости от способа восприятия, способов индикации износа технологических элементов: световые, звуковые и информационно-метрологические. Неэффективный контроль износа технологических элементов приводит к существенным негативным последствиям в экологическом, экономическом и технологическом плане, а также может оказать прямое влияние на жизнь людей, эксплуатирующих их. Поэтому разработка и совершенствование методов индикации технологических элементов является актуальной задачей для науки и техники.

Кроме этого, установлено в [1], что важным этапом совершенствования и развития индикационных систем является анализ используемых на сегодняшний день решений.

Цель данного исследования — провести сравнительный анализ способов индикации износа технологических элементов.

**Основная часть.** Рассмотрим способы индикации технологических элементов, являющихся фрикционными элементами. Примерами таких элементов являются тормозные колодки и сцепные муфты в металлорежущих станках.

В общем виде данные элементы представлены на рис. 1.



Рис. 1. Фрикционные элементы: а — тормозная колодка; б — сцепная муфта

Анализ конструкций данных технологических элементов позволил выделить наиболее перспективные способы индикации [2–4]. Исследованию и совершенствованию данных индикационных методов посвящены работы [5, 6], анализ которых позволит сформулировать их суть.

**Способ трехуровневой индикации.** В работе [5] предложен способ трёхуровневой индикации, суть которого заключается в том, что изменения геометрии фрикционного элемента в результате износа пропорциональны изменению проводимости индикационного элемента (рис. 2).

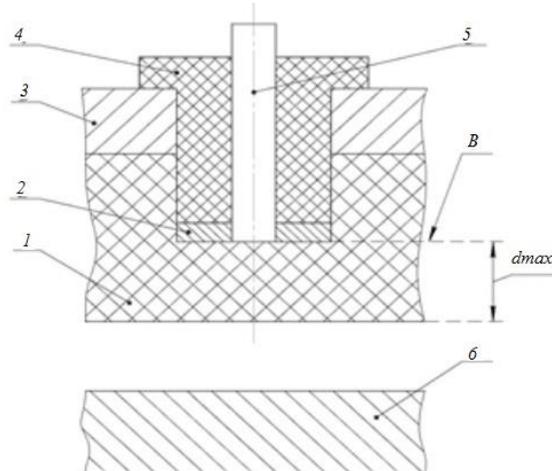


Рис. 2. Схема тормозной колодки: 1 — фрикционная накладка; 2 — металлический электрод; 3 — металлический держатель накладки; 4 — изолятор; 5 — электрический вывод; 6 — тормозимое тело [5]

Принцип действия способа индикации заключается в том, что во время торможения фрикционная накладка соприкасается с тормозимым телом. Результатом данного соприкосновения является износ технологического элемента. Износ влечет за собой изменение формы и размера элемента. С помощью электронных систем отслеживается диэлектрическая проницаемость

фрикционной накладке [7]. В зависимости от толщины технологического элемента, срабатывает один из уровней световой индикации. При нулевом износе вырабатывается зеленый световой сигнал первого уровня, который сообщает о нормальном состоянии элемента. При износе близком к критическому вырабатывается желтый световой сигнал второго уровня, а при критическом износе — красный световой сигнал третьего уровня. Одновременно вырабатывается световой сигнал только одного уровня [8].

К достоинствам данного способа можно отнести: возможность отслеживания износа технологического элемента в реальном времени; интуитивно понятная и информативная трехуровневая индикация; стабильность качественных характеристик при неравномерном износе; возможность установки в любую техническую систему. Основные недостатки метода следующие: тонкая настройка для каждого типа фрикционной накладке; ограниченные условия эксплуатации; сложная конструкция тормозной колодки.

Таким образом, данный способ индикации износа подойдет к любому устройству, в котором необходимо отслеживать толщину фрикционного слоя в реальном времени с высокой точностью.

**Индикация с помощью токопроводящего слоя.** В работе [6] предложен способ индикации с помощью токопроводящего слоя, суть которого заключается в том, что индикация критического износа производится путем замыкания электрической цепи, в которую входит токопроводящий слой и система индикации износа. При износе технологического элемента вплоть до этого слоя индикация не срабатывает, но как только токопроводящий слой касается тормозимого тела, электрический сигнал активирует свето-шумовую индикацию.

Принцип действия данного способа заключается в том, что при износе фрикционного слоя до предельного значения оголяется токопроводящий слой. В момент торможения происходит соприкосновение с тормозным барабаном автомобиля и, как следствие, замыкание электрической цепи индикаторов износа [6]. Когда цепь замкнута индикаторы подают звуковые и световые сигналы водителю, которые предупреждают его о критическом износе фрикционного слоя.

К достоинствам этого метода можно отнести комбинированный способ индикации износа и широкую область применения. Основные недостатки: индикация срабатывает только при критическом износе фрикционного слоя; при полном истирании токопроводящего слоя индикация не работает; неравномерный износ негативно влияет на индикацию, возможны ложные срабатывания.

Таким образом, способ индикации с помощью токопроводящего слоя можно использовать в машинах и оборудовании, где не требуется измерение износа в реальном времени, а также где необходимо установить свето-шумовые индикационные системы, которые сигнализируют только при критическом износе технологического элемента.

**Сравнительный анализ.** Составим таблицу 1 сравнения двух способов индикации, представленных выше.

Сравнение двух способов индикации износа

Название способа	Трехуровневая индикация	Токопроводящий слой
Индикация критического износа	+	+
Непрерывная индикация износа	+	–
Корректная работа при неравномерном износе	+	–
Несколько видов индикаторов	–	+

**Вывод.** При анализе способов индикации технологических элементов, рассмотренных в данной статье, было обнаружено неоспоримое преимущество способа трехуровневой индикации перед методом индикации с помощью токопроводящего слоя. Трехуровневая индикация износа имеет более широкий функционал, используя всего один вид индикаторов, которые улучшают зрительное восприятие информации об износе технологического элемента.

#### Библиографический список

1. Вероятностная модель прогнозирования износа тормозных колодок / И. А. Успенский, Н. В. Лимаренко, Е. А. Ракул [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. — 2021. — Т. 13, № 3. — С. 112–119.
2. Световая индикация / Большая Энциклопедия Нефти и Газа: [сайт] — URL: <https://www.ngpedia.ru/id58722p1.html> (дата обращения: 14.10.2021).2.
3. Светодиодные индикаторы — виды и применение / Школа для электрика : [сайт] — URL: <http://electricalschool.info/electronica/2150-svetodiodye-indikator-vidy-i-primenenie.html> (дата обращения: 15.10.2021).
4. Акустическая индикация звуковых и речевых сигналов / ozlib.com [сайт] — URL: [https://ozlib.com/846221/tehnika/akusticheskaya\\_i\\_ndikatsiya\\_zvukovyh\\_rechevyh\\_signalov](https://ozlib.com/846221/tehnika/akusticheskaya_i_ndikatsiya_zvukovyh_rechevyh_signalov) (дата обращения: 10.10.2021).
5. Принцип построения микросистемного сигнализатора состояния тормозной колодки роботизированного автомобиля / М. Ю. Костенко, М. В. Семьнин, С. С. Волков, В. В. Семьнин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. — 2021. — Т. 13. — № 2. — С. 87–95. 10.36508/RSATU.2021.50.2.012
6. Устройство информирования водителя о предельном износе тормозной накладке: патент 2452880 С1 Рос. Федерация: МПК F16D 66/02, F16D 65/08. / И. Н. Николотов, Е. А. Карцев, Г. Д. Кокорев [и др.]. — № 2010142377/11; заявл. 15.10.2010; опубл. 10.06.2012, Бюл. № 16. 7 с.
7. Определение удельного электрического сопротивления сдвига фрикционной накладке тормозной колодки относительно металлической пластины (корпуса) / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко [и др.]. // Известия Нижневол. агроунивер. комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. — 2020. — № 3 (59). — С. 395–405.
8. Оценка состояния износа тормозных колодок / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Н. В. Лимаренко [и др.]. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. — 2020. — № 3 (47). — С. 119–125. [10.36508/RSATU.2020.53.35.021](http://10.36508/RSATU.2020.53.35.021)



*Об авторах:*

**Ананченко Людмила Николаевна**, заместитель заведующего кафедрой «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, профессор, [aludnic@mail.ru](mailto:aludnic@mail.ru)

**Клименко Илья Сергеевич**, магистрант кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [iliaklimenko46@gmail.com](mailto:iliaklimenko46@gmail.com)

**Лимаренко Николай Владимирович**, старший преподаватель кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, [limarenkodstu@yandex.ru](mailto:limarenkodstu@yandex.ru)

*About the Authors:*

**Ananchenko, Lyudmila N.**, Deputy Head, Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University (1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand.Sci., Professor, [aludnic@mail.ru](mailto:aludnic@mail.ru)

**Klimenko, Ilya S.**, Master's degree student, Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University (1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), [iliaklimenko46@gmail.com](mailto:iliaklimenko46@gmail.com)

**Limarenko, Nikolay V.**, Senior Lecturer, Department of Electrical Engineering and Electronics, Don State Technical University (1, Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand.Sci., Associate professor, [limarenkodstu@yandex.ru](mailto:limarenkodstu@yandex.ru)