

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК НА ЛИФТОВОЙ РЕДУКТОРНОЙ ЛЕБЕДКЕ

Петров И.Д., Степанов М.А.

Национальный исследовательский московский государственный строительный университет, Москва

Ключевые слова: тормозные колодки, лифтовая лебедка, износ тормозных колодок, имитационное моделирование, безопасность лифтов, неисправность соленоидов, система контроля, техническое обслуживание.

Аннотация. Статья посвящена исследованию процесса износа тормозных колодок на лифтовой редукторной лебедке. Проанализированы основные факторы, влияющие на износ колодок. Разработана экспериментальная установка для исследования износа тормозных колодок лифтовой лебедки. Предложен метод определения износа колодок и положения тормозных рычагов по величине поворота рукоятки переменного резистора с применением платы Arduino Uno. Имитировалась работа лифта грузоподъемностью 630 кг и скоростью движения 0,6 м/с десятиэтажного здания. В статье приведены результаты износа колодок при непрерывной работе 1 час. Предложена система контроля износа тормозных колодок, позволяющая контролировать износ, положение тормозных рычагов, а также предупреждать выход из строя тормозной системы лифта, и тем самым повысить безопасность работы лифта, упростить процедуру обслуживания лифта.

EXPERIMENTAL STUDY OF WEAR OF BRAKE PADS ON AN ELEVATOR GEAR WINCH

Petrov I.D., Stepanov M.A.

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Keywords: brake pads, elevator winch, brake pad wear, simulation modeling, elevator safety, solenoids failure, control system, maintenance.

Abstract. The article is devoted to the study of the wear process of brake pads on a lift gear winch. The main factors influencing pad wear are analyzed. An experimental setup has been developed to study the wear of brake pads on an elevator winch. A method is proposed for determining the wear of the pads and the position of the brake levers by the amount of rotation of the variable resistor handle using the Arduino Uno board. The operation of an elevator with a load capacity of 630 kg and a movement speed of 0.6 m/s in a ten-story building was simulated. The article presents the results of pad wear during continuous operation for 1 hour. A system for monitoring the wear of brake pads has been proposed, which makes it possible to control wear and position of the brake levers, as well as prevent failure of the elevator brake system, and thereby increase the safety of the elevator and simplify the elevator maintenance procedure.

Введение

В связи с быстрым ростом городов и необходимостью в строительстве высотных зданий лифтовые системы являются неотъемлемой частью современной жизни.

В то же время нельзя не отметить существующую проблему, связанную с безопасностью эксплуатации лифтов, подтверждаемую разделом «анализ причин аварий и несчастных случаев со смертельным исходом на поднадзорных объектах» [1] на сайте Ростехнадзора.

Обеспечение безопасности и эффективности эксплуатации лифтов зависит от надежности компонентов системы, включая тормозные устройства [2, 3]. Согласно выводам Ростехнадзора об «основных причинах возникновения аварий и несчастных случаев при эксплуатации подъемных сооружений и опасных объектов (лифтов)» одной из причин возникновения аварии является «ненадлежащая организация проведения технического обслуживания и ремонта лифта в соответствии с руководством по эксплуатации». По этой причине, предположительно, может возникнуть неисправность тормозной системы лифта.

Исследованию работы тормозов посвящены работы [4-6]. В данной статье рассмотрены особенности износа колодок лифтов. Тормозные колодки на редукторных лебедках испытывают износ в процессе эксплуатации, что может снижать эффективность тормозной

системы. Помимо колодок эффективность тормозной системы может привести к нулю неисправный электромагнит тормозной системы. «Вследствие выхода его из строя, лифтовая лебедка перемещает кабину по шахте с наложенным тормозом, тем самым интенсивно изнашивая тормозные накладки и нагревая тормозной барабан. После истирания тормозных накладок лебедка не в состоянии удерживать кабину в неподвижном состоянии в зоне точной остановки для посадки/высадки пассажиров, что влечет за собой угрозу неконтролируемого движения кабины вверх при нахождении в проеме дверей пассажиров» [7]. Так же причиной некорректной работы тормоза могут стать сломанные пружины, прижимающие тормозные рычаги, их ослабление вследствие износа тормозной накладки или вследствие ненадлежащего обслуживания лифта. Целью данного исследования является анализ факторов, влияющих на износ тормозных колодок, и разработка математической модели для оценки динамики износа.

Материалы и методы исследования

В ходе научного исследования был проведен эксперимент, целью которого являлось выявление зависимости износа тормозных колодок от времени, при неисправном соленоиде тормозного механизма. Эксперимент проводился на лебедке с червячным редуктором. Движение КВШ осуществлялось на малой скорости. Имитировалась работа лифта грузоподъемностью 630 кг и скоростью движения 0,6 м/с в десятиэтажном здании. Кабина отправлялась с первого на десятый этаж и, после непродолжительной паузы, с десятого на первый, затем цикл повторялся. Для проведения эксперимента было изготовлено устройство контроля положения тормозных рычагов (рис. 1).

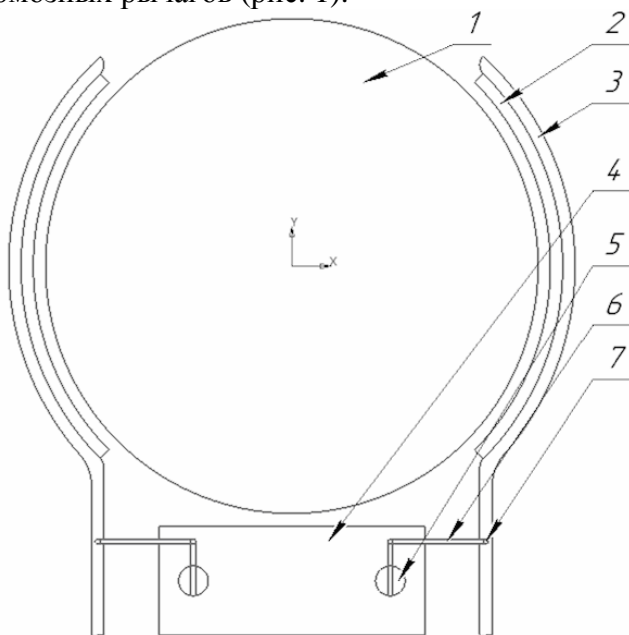


Рис. 1. Схема устройства контроля положения тормозных рычагов: 1 – тормозной барабан; 2 – тормозная накладка; 3 – тормозной рычаг; 4 – кронштейн; 5 – переменный резистор; 6 – тяга; 7 – шарнир

Также в схеме применена плата Arduino Uno. Данная плата подает на переменный резистор 5 вольт и следит за напряжением после резистора. Получая данные, которые выводятся на экран платой, мы можем судить о том, на какой угол повернута рукоятка переменного резистора. Переменный резистор способен разбивать показания на 1024 шага: где 0 шаг – 0 вольт, а 1023 шаг – 5 вольт. Угол поворота движка такого резистора составляет 300 градусов.

В результате эксперимента было установлено, что за 1 час непрерывной работы привода, толщина колодок уменьшилась на 1 мм. Результаты эксперимента представлены в таблице (табл. 1). Измерения производились один раз в минуту в течение одного часа. В таблице 1 приведены сокращенные данные о результатах эксперимента.

Расчетным путем было выяснено, что рукоятка резистора отклонилась от исходного состояния на 13 градусов, что соответствовало износу колодок 1 мм.

Табл. 1. Результаты эксперимента

Показания левого резистора, шаг	Износ левой колодки, мм	Показания правого резистора, шаг	Износ правой колодки, мм	№ измерения
749	0	886	0	1
-	-	-	-	-
746	0,1	883	0,1	5
-	-	-	-	-
742	0,1	879	0,1	10
-	-	-	-	-
738	0,2	875	0,2	15
-	-	-	-	-
734	0,3	871	0,3	20
-	-	-	-	-
729	0,4	867	0,4	25
-	-	-	-	-
725	0,5	862	0,5	30
-	-	-	-	-
721	0,6	858	0,6	35
-	-	-	-	-
717	0,6	854	0,6	40
-	-	-	-	-
712	0,7	850	0,7	45
-	-	-	-	-
708	0,8	848	0,8	50
-	-	-	-	-
705	0,9	844	0,9	55
-	-	-	-	-
702	1,0	841	1,0	60

Результаты

Если предположить, что износ колодок происходит по экспоненциальной зависимости, то тормозная накладка будет полностью изношена спустя 5 часов непрерывной работы, что представляет угрозу жизни и здоровья пользователя, так как лифт не сможет удерживаться на этажной площадке. Кроме того, при нагреве тормозных накладок теряется эффективность торможения за счет снижения коэффициента трения, что тоже влияет на безопасность лифта в худшую сторону. Предположим, что лифт находится в административном здании, со средним пассажиропотоком. В утренние часы лифт развозит пассажиров с основного посадочного этажа в течение часа. Два часа он работает в обед и час в конце рабочего дня. Итого 4 часа непрерывной работы в сутки. Риск износа колодок менее чем за двое суток представляет большую угрозу для пассажиров, так как на лифтах отсутствуют какие-либо системы, контролирующие исправность соленоидов или положения тормозных рычагов, а техническое обслуживание проводится один раз в месяц. То есть электромеханик попросту не успеет заметить износившиеся колодки и вовремя заменить их и электромагнитный тормоз.

Квалифицированное обслуживание лифта наравне с надежностью узлов и агрегатов лифта влияет на безопасную эксплуатацию лифта. В регламенте технического обслуживания пассажирских лифтов [8] установлены состав работ и периодичность их выполнения. Работы, связанные с техническим обслуживанием тормозного устройства, приведены в пункте 2.6 и включают в себя очистку, проверку отсутствия заеданий, отсутствия повреждений,

растормаживания лебедки, наложения тормоза после окончания механического воздействия на рычаг тормозного магнита, проверку фрикционных магнита, смазку шарниров, проверку состояния якоря и катушки и т.д.

Все действия, описанные в приведенном выше регламенте, существенно повышают безопасность эксплуатации лифта и снижают вероятность выхода из строя тормозного устройства. Тем не менее, существует риск некачественного или неполного обслуживания тормозного устройства, а также риск внезапной, единичной неисправности, которую невозможно предотвратить, даже при соблюдении указанного регламента, так как в соответствии с ним, проверка и обслуживание тормозного устройства происходит 1 раз в 3 месяца, то есть 4 раза в год.

В соответствии с требованиями [9] и взаимосвязанными с ним стандартами [10] «лебедка должна быть оборудована автоматически действующим механическим тормозом нормально-замкнутого типа:» ...

«б) тормоз должен состоять из двух систем торможения, все механические элементы тормоза, задействованные в процессе приложения усилия к тормозному барабану или диску, должны дублироваться, в том числе толкатель электромагнита;

в) каждая из систем торможения должна создавать усилие торможения, достаточное для останова и удержания кабины с грузом, масса которого равна номинальной грузоподъемности лифта» [11].



Рис. 2. Диаграмма износа колодок

На диаграмме (рис. 2), полученной в результате эксперимента и в таблице 1 показано, что для контроля также использовалось два переменных резистора: каждый на отдельную колодку, для исключения их перекоса и контроля состояния других частей механизма торможения.

Перекося тормозных рычагов необходимо контролировать так же, как и степень износа тормозных накладок, по следующим причинам: перекося тормозных рычагов ведет к неравномерному износу тормозных накладок, неравномерной работе прижимных пружин, изменению пятна контакта фрикционной накладки и поверхности тормозного барабана, накоплению продуктов износа между фрикционной накладкой и поверхностью барабана, что приводит к перегреву рабочих поверхностей и снижению эффективности тормозного устройства, что может привести к аварии, причинению вреда жизни и здоровья пассажиров и обслуживающего персонала.

Заключение

Предложенное устройство контроля положения тормозных накладок может служить инструментом для оценки износа тормозных колодок и положения тормозных рычагов на лифтовых редукторных лебедках и способствовать повышению безопасности и эффективности эксплуатации лифтового оборудования.

Список литературы

1. Анализ причин аварий и несчастных случаев со смертельным исходом на поднадзорных объектах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/equipment/Analysis/index.php>.

2. Степанов М.А., Мечиев А.В. Повышение надежности лифта при нормальной эксплуатации // Научное обозрение. – 2014. – № 7. – С. 148.
3. Мечиев А.В., Севрюгина Н.С., Степанов М.А. Общеметодологический подход к оценке риска обеспечения конструктивной безопасности лифтов // Механизация строительства. – 2017. – № 4. – С. 24-29.
4. Галай Э.И., Юлдашев А.А., Галай Е.Э., Рулов П.К. Эффективность композиционных материалов тормозных колодок с различной степенью износа // Механика. Исследование и инновации. – 2022. – № 15. – С. 75-82.
5. Успенский И.А., Юхин И.А., Лиморенко Н.В., Воробьев Д.А., Филюшин О.В. Оценка состояния тормозных колодок // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 5(47). – С. 119-125.
6. Федотов Е.С., Литвинов А.Е., Стародуб М.В. Имитационный износ тормозных колодок при однократном торможении // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2020. – № 9. – С. 11-17.
7. Петров И.Д., Степанов М.А. Проблемы безопасности вертикального транспорта // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы [Электронный ресурс]: сборник докладов 27-й Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 95-летию подготовки инженеров-механиков МИСИ–МГСУ. – М.: Изд-во МИСИ–МГСУ, 2023. – С. 89-91. – URL: https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2023/Sbornik_Stroit-mashiny-kompleksy_2023.pdf.
8. Об утверждении Регламента технического обслуживания пассажирских лифтов: распоряжение департамента жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства города Москвы от 10 февраля 2014 года N 05-14-43/4.
9. ГОСТ 53783-2010. Лифты. Правила и методы оценки соответствия лифтов в период эксплуатации. Введ. 2010-10-14. – М.: Стандартинформ, 2010. – 92 с.
10. Технический регламент Таможенного союза ТР/ТС 011-2011.
11. ГОСТ 53780-2010 Национальный стандарт Российской Федерации. Лифты. Общие требования к установке.

References

1. 1Analysis of the causes of accidents and fatal accidents at supervised facilities [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/equipment/Analysis/index.php>.
2. Stepanov M.A., Mechiev A.V. Increasing the reliability of the elevator during normal operation // Scientific Review. 2014, no. 7, p. 148.
3. Mechiev A.V., Sevryugina N.S., Stepanov M.A. General methodological approach to assessing the risk of ensuring the structural safety of elevators // Mechanization of construction. 2017, no. 4, pp. 24-29.
4. Galai E.I., Yuldashev A.A., Galai E.E., Rulov P.K. Efficiency of composite materials of brake pads with varying degrees of wear // Mechanics. Research and innovation. 2022, no. 15, pp. 75-82.
5. Uspensky I.A., Yukhin I.A., Limorenko N.V., Vorobyov D.A., Filyushin O.V. Assessing the condition of the brake pads // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after. P.A. Kostycheva. 2020, no. 5(47), pp. 119-125.
6. Fedotov E.S., Litvinov A.E., Starodub M.V. Simulated wear of brake pads during a single braking // Transport, mining and construction engineering: science and production. 2020, no. 9, pp. 11-17.
7. Petrov I.D., Stepanov M.A. Problems of vertical transport safety // Lifting and transport, construction, road, track, reclamation machines and robotic complexes [Electronic resource]: collection of reports of the 27th Moscow International Interuniversity scientific and technical conference of students, undergraduates, postgraduates and young scientists dedicated to the 95th anniversary training of mechanical engineers of MISI–MSSU. – М.: Publishing house of MISI–MSSU, 2023. – P. 89-91. – URL: https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2023/Sbornik_Stroit-mashiny-kompleksy_2023.pdf
8. On approval of the Regulations for the maintenance of passenger elevators: order of the Department of Housing, Communal Services and Improvement of the City of Moscow dated February 10, 2014 N 05-14-43/4.
9. GOST 53783-2010. Elevators. Rules and methods for assessing the conformity of elevators during operation. Enter. 2010-10-14. – М.: Standartinform, 2010. – 92 p.
10. Technical Regulations of the Customs Union TR/TS 011-2011.
11. GOST 53780-2010 National standard of the Russian Federation. Elevators. General installation requirements.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Петров Илья Дмитриевич – аспирант	Petrov Ilya Dmitrevich – graduate student
Степанов Михаил Алексеевич – кандидат технических наук, профессор	Stepanov Michail Alexeevich – candidate of technical sciences, professor
petrylkin1038@mail.ru	

Получена 17.11.2023