

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-1.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/35TVN117.pdf>

Статья опубликована 09.02.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Филин А.Н. Определение уровней вибрации главных приводов тоннельных эскалаторов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/35TVN117.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 629.018

Филин Александр Николаевич

ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
Россия, Санкт-Петербург¹

Аспирант кафедры «Подъемно-транспортные, путевые и строительные машины»

E-mail: Aleksandr.filinn@yandex.ru

Определение уровней вибрации главных приводов тоннельных эскалаторов

Аннотация. В статье предлагается новый подход к мониторингу технического состояния по уровням вибрации одного из важнейших узлов эскалатора - приводной группы. Автором представлены результаты проведенных замеров значений вибрации на элементах главного привода тоннельных эскалаторов ГУП «Петербургский метрополитен», в результате которых были получены значения границ зон вибрационных состояний приводных групп эскалаторов в зависимости от мощностного диапазона главного электродвигателя, являющегося важнейшим элементом приводной группы. Полученные результаты дают возможность сформировать систему диагностических признаков для определения технического состояния приводных групп, в результате чего обеспечивается обнаружение дефектов на начальных стадиях их развития. Приведенный способ мониторинга технического состояния по уровням вибрации главного привода позволяет улучшить организацию работ по разработке и внедрению мероприятий, направленных на устранение дефектов, оценить эффективность приведенных мероприятий, получить экономический эффект.

Ключевые слова: вибрационный контроль; вибросигнал; виброскорость; главный привод; дефект; техническое состояние; тоннельный эскалатор

Метрополитен играет важнейшую роль в жизни городской транспортной инфраструктуры любого мегаполиса, не исключением является метрополитен Санкт-Петербурга, «ни один другой транспорт не способен так же эффективно справляться с растущими транспортными нагрузками и обеспечивать бесперебойное прогнозируемое транспортное сообщение» [1].

Ежегодно Петербургским метрополитеном пользуется порядка 770 млн. человек. Из-за инженерно-геологических условий метрополитен Санкт-Петербурга является самым глубоким в мире, средняя глубина заложения станций около 50 метров. Исходя из этого, огромное значение в жизни Петербургского метрополитена имеют эскалаторы - машины непрерывного

¹ 190031, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9

транспорта, выполняющие функцию транспортировки пассажиров между уровнем верхнего вестибюля и уровнем платформы станции, а также обладающие высокой, в сравнении с другими подъемно-транспортными машинами, но ограниченной пропускной способностью.

Сегодня, в связи с постоянным ростом пассажиропотока и ограниченной пропускной способностью эскалаторов, в случае неисправности, приводящей к простоя одного из них, в городе возникает транспортный коллапс. По этим причинам для ГУП «Петербургский метрополитен» особенно актуально обеспечение исправного технического состояния и безотказной работы всех эскалаторов, имеющих на балансе [2-4, 8].

Основной задачей данной статьи является описание способа мониторинга технического состояния по уровням вибрации одного из важнейших узлов эскалатора - главного привода (приводной группы), непосредственно от которого зависит безотказная работа эскалатора в целом.

Главный привод состоит из главного электродвигателя, редукторов, соединительных муфт и главного вала эскалатора, предназначен для передвижения лестничного полотна эскалатора с эксплуатационной скоростью [5].

Для оптимизации процесса мониторинга технического состояния приводных групп эскалаторов Петербургского метрополитена по уровням вибрации необходимо классифицировать имеющиеся на балансе приводные группы по категориям.

Категории приводных групп - это единицы классификации, которые определяют тип эскалаторов, на которых они установлены, и рекомендации по значениям уровней вибрации для зон вибрационных состояний в зависимости от номинальных мощностей главных электродвигателей.

Сегодня, основополагающим документом в области вибрационного мониторинга состояния и диагностики машин является стандарт ГОСТ Р ИСО 10816-1-99 [6], который устанавливает нормы средних квадратичных значений (СКЗ) виброскорости для определения зон четырех вибрационных состояний А, В, С, D (неограниченная, допустимая, ограниченно допустимая, недопустимая эксплуатации соответственно) в зависимости от класса механизма. Данный стандарт является обобщающим нормативными документами по оценке вибрации на основе измерений на невращающихся частях для различных типов машин.

На сегодняшний день в Петербургском метрополитена эксплуатируется около 263 эскалаторов 18 типов. Соответственно, практически для каждого типа эскалаторов используется свой тип главного привода, определяемый типом используемого главного электродвигателя. В данной статье рассмотрены электродвигатели, представленные в таблице 1. Данные приводные группы, согласно ГОСТ Р ИСО 10816-1-97, исходя из их мощности, относятся к классу 2, машин средней величины с мощностью от 15 до 875 кВт, с соответствующими СКЗ виброскорости для каждой зоны вибрационного состояния (таб. 2). На практике, значения границ зон вибрационных состояний для приводных групп тоннельных эскалаторов, указанные в приведенном выше стандарте, слишком сильно обобщены. Необходимо различные приводные группы тоннельных эскалаторов одного класса разграничить по основным признакам, тем самым индивидуализировать для них нормируемые значения параметров вибрации.

Для этого были установлены СКЗ виброскорости, определяющие границы зон вибрационных состояний (А, В, С, D) для каждого типа главного привода тоннельных эскалаторов ГУП «Петербургский метрополитен». Граничные зоны допустимой виброскорости для указанного оборудования определялись по критерию 2, ГОСТ Р ИСО 10816-1-97.

Таблица 1

№ n/n	Тип эскалатора	Тип главного электродвигателя	Номинальная мощность глав. ЭД, кВт	Количество эскалаторов ГУП «Петербургский метрополитен»
1	ЛТ-1	AK9200-038-600-УХЛЧ	200	12
2	ЛТ-2	AK9180-038-500	180	44
3	ЛТ-3	АИНКЭМ355В12	110	30
4	ЭМ-4	АИНКЭМ355А10	110	12
5	ЭТ-2	АИНКЭМ355В8	160	40
6	ЭТ-2М	АИНКЭМ355В8	160	31
7	ЭТ-4БС	4АМНК280М8	90	4
8	ЭТ-5	АОП2-91-8	40	3
9	ЭТ-5М	АОП2-91-8	40	14
10	ЭТ-12	5А200М8Ш	18,5	4
11	ЭТ-12П	5А200М8	18,5	8
12	Е25Т	5АИ250ШМС6	45	4
13	Е55Т	АИНКЭМ355А8	132	15
14	Е75Т	АИНКЭМ355А8	132	16
15	ЕТК-265М	АИНКЭМ3558-10СТ	160	3

Разработана автором

Критерий 2 основан на оценке изменения значения параметра вибрации (виброскорости) по сравнению с предварительно установленным эталонным значением в установившемся режиме работы машины [7].

Согласно стандарту, приведенному выше, при определении значений параметров вибрации замеры следует проводить работоспособными и поверенными средствами измерения, при одних и тех же положениях, ориентациях преобразователя вибрации, при похожих условиях, режиме работы механизма и точках замера. В соответствии с этим, анализ уровней вибрации (замеры СКЗ виброскорости) значительного числа различных типов электродвигателей тоннельных эскалаторов Петербургского метрополитена проводился с использованием поверенного виброанализатора КОН.ТЕСТ С9000, при установке пьезоэлектрических датчиков вибрации на подшипниковых щитах элементов приводных групп в трех направлениях (осевом, вертикальном, горизонтальном) при номинальных режимах работы тоннельных эскалаторов.

В результате, полученные в ходе замеров значения уровней вибрации каждого типа главного привода были использованы для расчета средних арифметических значений уровней вибрации (\bar{v}) главных приводов ГУП «Петербургский метрополитен».

Поскольку параметры вибрации, подчиняются нормальному закону распределения [6], был вычислен корень квадратный из дисперсии (σ).

Далее были определены границы верхних зон вибрационных состояний А/В, В/С, С/Д в соответствии с методикой ЦНИИ МФ установления норм вибрации (формулы 1, 2, 3) [6], полученные значения сведены в таблицу 2.

$$v_A = \bar{v} + (1 \div 1,5)\sigma \quad (1)$$

$$v_B = \bar{v} + 3\sigma \quad (2)$$

$$v_C = 4,4v_A \quad (3)$$

В итоге, полученные значения виброскорости четырех зон вибрационных состояний для каждого типа главных приводов тоннельных эскалаторов Петербургского метрополитена позволяют индивидуализировать критерии диагностирования, тем самым обеспечив обнаружение дефектов на более ранних стадиях их развития.

Таблица 2

№ п/п	Тип эскалаторов	Тип гл. ЭД	Номинал. мощность, кВт	Классиф. по ГОСТ 10816-1-99			Сред. арифм. знач. V, мм/с	Сред. квадрат. откл. σ, мм/с	Зоны вибросостояний			
				Класс механизма	Зоны вибросостояний				Зона A/B, мм/с	Зона B/C, мм/с	Зона C/D, мм/с	
1	ЛТ-1	AK9200-038-600-УХЛЧ	200	Класс 2 (от 15 до 875 кВт)	1,12	2,8	7,1	1,46	0,67	2,13	3,47	9,37
2	ЛТ-2	AK9180-038-500	180					1,23	0,60	1,83	3,03	8,05
3	ЭТ-2, ЭТ-2М	АИНКЭМ355В8	160					1,00	0,36	1,36	2,08	5,98
4	ЕТК-265М	АИНКЭМ3558-10СТ	160					0,99	0,33	1,32	1,98	5,81
5	Е55Т, Е75Т	АИНКЭМ355А8	132					0,94	0,33	1,27	1,93	5,59
6	ЛТ-3	АИНКЭМ355В12	110					0,89	0,31	1,2	1,82	5,28
7	ЭМ-4	АИНКЭМ355А10	110					0,88	0,27	1,15	1,69	5,06
8	ЭТ-4БС	4АМНК280М8	90					0,78	0,36	1,14	1,86	5,02
9	Е25Т	5АИ250ШМС6	45					0,71	0,29	1	1,58	4,4
10	ЭТ-5, ЭТ-5М	АОП2-91-8	40					0,64	0,35	0,99	1,69	4,36
11	ЭТ-12	5А200М8Ш	18,5					0,59	0,23	0,82	1,28	3,61
12	ЭТ-12П	5А200М8	18,5					0,59	0,20	0,79	1,19	3,48

Разработана автором

Допустимые значения СКЗ виброскорости для границ четырех зон вибрационных состояний каждого типа приводных групп ГУП «Петербургский метрополитен» дают возможность сформировать систему диагностических признаков для определения технического состояния приводов, в результате чего обеспечивается обнаружение дефектов на начальных стадиях их развития [9, 10].

Данный способ мониторинга технического состояния по уровням вибрации главного привода позволяет улучшить организацию работ по разработке и внедрению мероприятий, направленных на устранение дефектов, оценить эффективность приведенных мероприятий, получить экономический эффект.

Полученные значения позволили установить зависимость СКЗ виброскорости для границ четырех зон вибрационных состояний приводных групп тоннельных эскалаторов, имеющих на балансе в ГУП «Петербургский метрополитен», от приведенного мощностного диапазона главных электродвигателей (рис. 1).

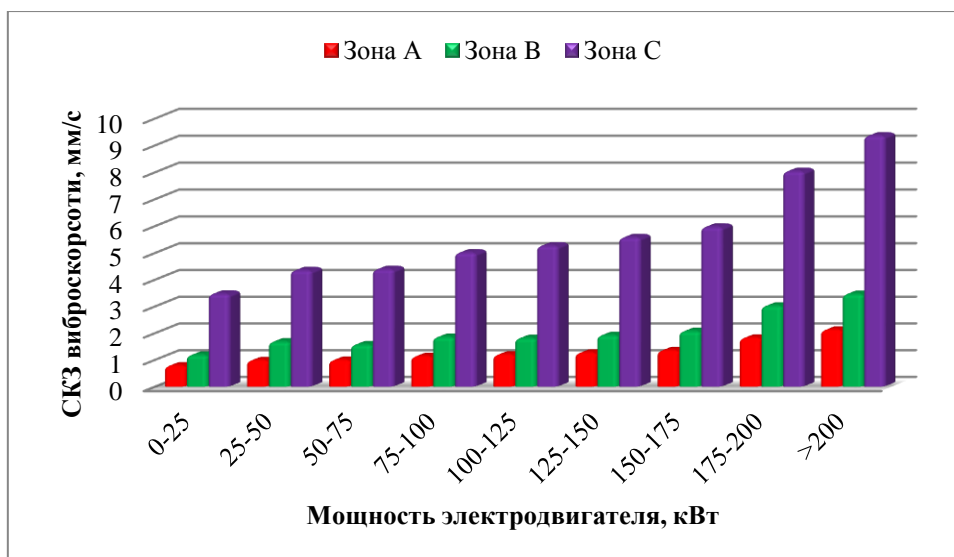


Рисунок 1. Гистограмма определения зоны вибрационного состояния в зависимости от мощности электродвигателя (разработан автором)

Приведенный мощностной диапазон, позволяет определить значения границ зон вибрационных состояний для других типов приводных групп тоннельных эскалаторов, отличных от приведенных в таблице 2, в зависимости от подходящего мощностного диапазона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Председатель комитета по экономической политике и стратегическому планированию Котов А. // Петербургский дневник. 09 сентября 2013 г. URL: https://gov.spb.ru/gov/otrasl/c_econom/news/38223.
2. Попов В.А., Бардышев О.А., Ватулин Я.С., Щербаков А.В. Оценка ресурса тоннельных эскалаторов Петербургского метрополитена // Механизация строительства. - 2015. - №1. - с. 35-39.
3. Филин А.Н. Спектральный анализ вибросигнала для определения технического состояния эскалаторных редукторов // Механизация строительства. - 2016. - №1. - с. 21-24.
4. Бардышев О.А., Бардышев А.О., Филин А.Н., Литвин Р.А., Космачков С.А. Повышение безопасности подъемно-транспортных машин // Механизация строительства. - 2016. - №2. - с. 5-8.
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности эскалаторов в метрополитенах», 2014 г.
6. Вибродигностика: Моногр. / Розенберг Г.Ш., Мадорский Е.З., Голуб Е.С. и др.; под ред. Г.Ш. Розенберга. - СПб.: ПЭИПК, 2003. - 284 стр.
7. ГОСТ Р ИСО 10816-1-97. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерения вибрации на невращающихся частях. Общие требования.
8. Bardyshev O., Gordienko V. Some Aspects of Maintaining Inclined Tunnel Escalators in St. Petersburg // World Appl. Sci. J., 23 (Problems of Architecture and Construction). Swiss. 2014.
9. Randall R.B. Vibration - based condition monitoring: industrial, aerospace and automotive applications // John Wiley & Sons. March 2011. 289 p.
10. Shakya P., Darpe A.K., Kulkarni M.S. Vibration-based fault diagnosis in rolling element bearings: ranking of various time, frequency and time-frequency domain data-based damage identification parameters // The International Journal of Condition Monitoring, Vol. 3, Issue 2, Oct. 2013, pp. 1-10.

Filin Aleksandr Nikolaevich

Emperor Alexander I St. Petersburg state Transport University, Russia, Saint-Petersburg
E-mail: Aleksandr.filinn@yandex.ru

Determination of the vibration levels of the main drives of tunnel escalators

Abstract. The article presents the new approach to the monitoring of technical condition by vibration levels of one of the most important components of the escalator - main drive. The author presents the results of measurements of vibration values on the elements of the main drive tunnel escalators operated in the Saint-Petersburg metro, in which were obtained the values of the boundaries of the zones of the vibration state of the main drives of escalators depending on the power range of the main motors, which is a crucial element in the main drives.

The results make it possible to create a system diagnostic features to determine the technical condition of the main drive, thereby allowing the detection of defects in the early stages of their development. The above method for monitoring the technical condition of the main drive through the levels of vibration can improve the organization works to develop and implement measures aimed at eliminating defects, evaluate the effectiveness of the above measures, the economic effect.

Keywords: vibration control; signal of vibration; vibration velocity; main drive; fault; technical condition; tunnel escalators