

УДК 629.083

***ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ТОННЕЛЬНЫХ  
ЭСКАЛАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ КОЭРЦИТИМЕТРА***

***Харлов М.В.,***

*кандидат военных наук, доцент,*

*ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»,*

*г. Санкт-Петербург, Россия*

**Аннотация**

В статье раскрывается потребность качественного контроля технического состояния тоннельных эскалаторов. Недавние происшествия с тяжелыми травмами пассажиров лишний раз подтверждают актуальность этого. Также отмечается, что задача контроля технического состояния эскалаторов решается специалистами уже на протяжении много лет. При этом для оценки усталостных изменений (деформаций) в структуре металла успешно используется коэрцитиметр. Он позволяет определить величину коэрцитивной силы, имеющей прямую зависимость от величины остаточной пластической деформации. В статье приведены схемы расположения мест магнитного контроля напряженно-деформированного состояния металлоконструкций эскалатора ЭТ-2. Также в статье указывается на существующие недостатки практики применения коэрцитиметра и меры по их устранению.

**Ключевые слова:** тоннельный эскалатор, металлоконструкция, техническое освидетельствование, напряженно-деформированное состояние, магнитный контроль, коэрцитиметр.

***ASSESSMENT OF METAL TUNNEL ESCALATORS USING COERCIMETER***

***Kharlov M. V.,***

*candidate of Military Science, assistant Professor,*

*Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university,  
St. Petersburg, Russia*

### **Annotation**

The article reveals the need for quality control of technical condition of tunnel escalators. Recent incidents with severe injuries of passengers once again confirm the relevance of this. It is also noted that the task of monitoring the technical condition of escalators is solved by experts for many years. In this case, to assess the fatigue changes (deformations) in the structure of the metal successfully used coercimeter. It allows you to determine the value of the coercive force, which has a direct dependence on the value of the residual plastic deformation. The article presents the layout of the magnetic control of the stress-strain state of metal escalator ET-2. The article also points out the existing shortcomings of the use of the coercimeter and measures to eliminate them.

**Keywords:** tunnel escalator, metal structure, technical inspection, stress-strain state, magnetic control, coercimeter

Безопасная эксплуатация тоннельных эскалаторов является важной задачей любой транспортной системы. Особенно это касается крупных городов. Недавнее чрезвычайно происшествие в метро столицы Италии - городе Рим лишний раз подтверждают это утверждение [3]. Тогда, в результате отказа систем эскалатора получили тяжелые травмы сразу несколько пассажиров. Следует отметить, что в приведенном случае речь шла о небольшом поэтажном эскалаторе. А что будет, если такое происшествие случится при использовании крупного тоннельного эскалатора длиной более 50 метров? Ведь именно такие эскалаторы массово эксплуатируются в метро российских городов.

В нашей стране действует целая система мер по обеспечению безопасной эксплуатации тоннельных эскалаторов [5, 6]. И важной ее составляющей является

своевременное и качественное техническое освидетельствование всех подсистем эскалатора, включая несущие металлоконструкции.

В ходе анализа металлоконструкций при техническом освидетельствовании выявляются видимые и скрытые дефекты деталей. Учитывая тщательность и полноту мер по профилактике отказов эскалаторов дежурными силами эксплуатирующих служб, видимые дефекты практически не выявляются при техническом освидетельствовании. Поэтому скрытые дефекты, представляющие наибольшую опасность, являются объектами пристального внимания специалистов. К числу контролируемых скрытых дефектов относятся усталостные изменения структуры металла.

Специалистами ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» наработан большой опыт в части технического освидетельствования тоннельных эскалаторов. Так в течение длительного периода времени, а это более 10 лет, ими выполнялись работы по экспертизе промышленной безопасности тоннельных эскалаторов ГУП «Петербургский метрополитен». В качестве объектов экспертизы рассматривались эскалаторы различных типов: ЛТ-1, ЛТ-2, ЛТ-3, ЭТ-2, ЭТ-2М, ЭТ-4БС, ЭТ-5М, ЭТ-12, ЭТ-12П. Всего рассмотрено более 100 машин. Работы проводились в соответствии с «Методическими рекомендациями по обследованию технического состояния и расчету остаточного ресурса эскалаторов Петербургского метрополитена», согласованными с Управлением технического надзора Ростехнадзора (письмо № 09-03/561 от 28.03.2005 г.).

Для оценки усталостных изменений (деформации) структуры металла использовалась величина коэрцитивной силы  $H_c$ , которая имеет прямую зависимость от величины остаточной пластической деформации [1, 2, 4]. При этом для металла несущих конструкций эскалаторов определены диапазоны величины  $H_c$  для трех режимов эксплуатации: надежный, контролируемый и критический.

При надежном режиме эксплуатации металл работает в упругой области нагружения и максимальные напряжения ниже предела упругости. Режим контролируемой эксплуатации происходит, когда отдельные элементы металлоконструкции работают в упругопластической области диаграммы нагружения, а максимальные остаточные напряжения достигают физического предела текучести металла. Критический режим справедлив для ситуаций, когда металлоконструкции работают в упругопластической и пластической областях диаграммы нагружения, а остаточные максимальные напряжения превышают предел текучести металла.

Перед началом работ строились упрощенные модели зон металлоконструкций эскалатора, на которых отмечались точки измерений. Места расположения точек контроля определялись исходя из условия достаточности охвата уязвимых мест. Ниже на рисунках 1...4 приведены модели и точки контроля на примере конструкций эскалатора типа ЭТ-2.

Измерения параметра  $H_c$  выполнялись коэрцитиметром КРМ-ЦК-2М на основе РД ИКЦ «КРАН» - 007-97/02 «Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния и остаточного ресурса подъемных сооружений при проведении их обследования и техническом диагностировании (экспертизе промышленной безопасности) и «Методических рекомендаций по проведению магнитного контроля напряженно-деформированного состояния и расчету остаточного ресурса металлоконструкций эскалаторов Петербургского метрополитена».

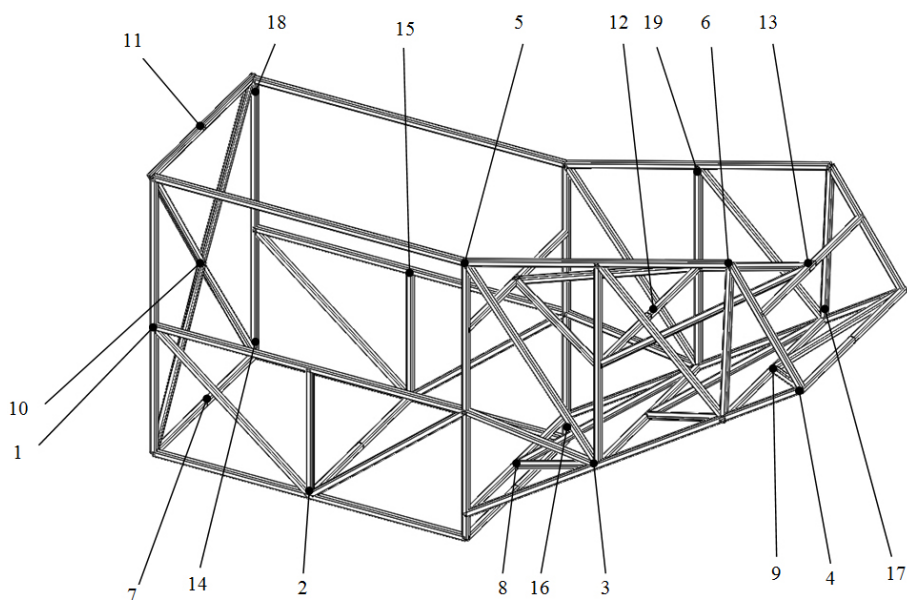


Рис. 1 – Схема расположения мест магнитного контроля напряженно-деформированного состояния металлоконструкции эскалатора ЭТ-2 в зоне А

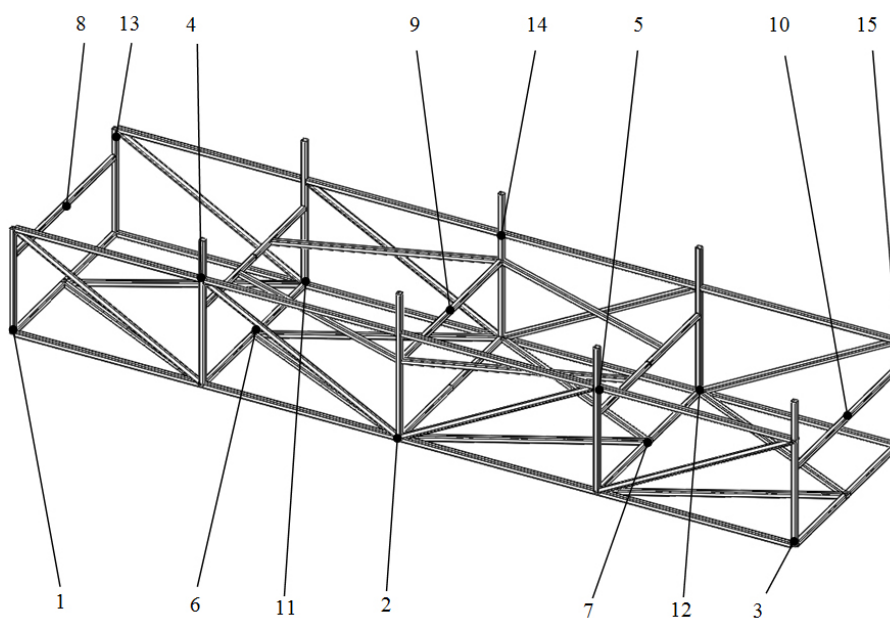


Рис. 2 – Схема расположения мест магнитного контроля напряженно-деформированного состояния металлоконструкции эскалатора ЭТ-2 в зоне Б

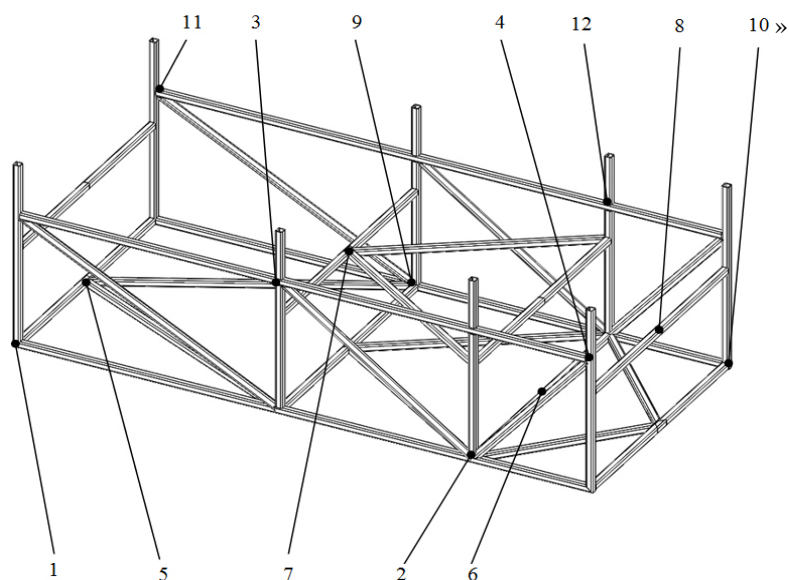


Рис. 3 – Схема расположения мест магнитного контроля напряженно-деформированного состояния металлоконструкции эскалатора ЭТ-2 в зоне И

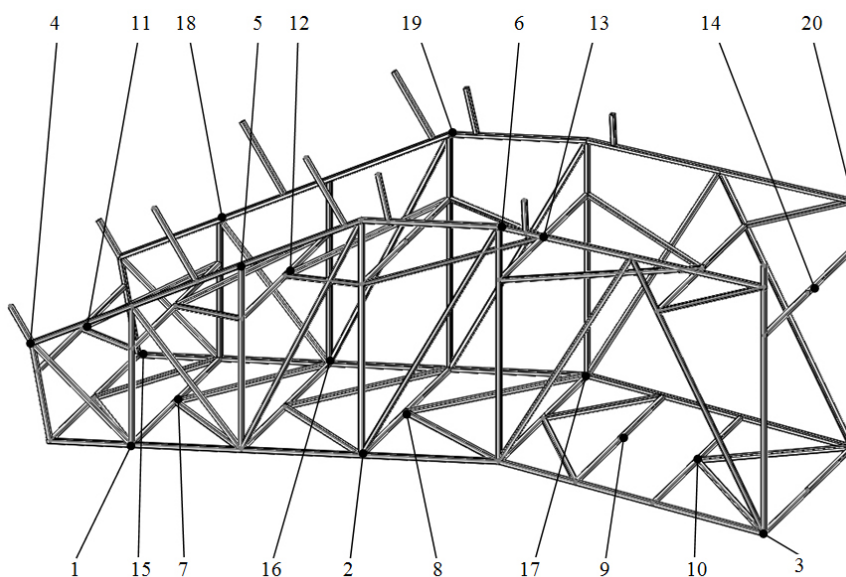


Рис. 4 – Схема расположения мест магнитного контроля напряженно-деформированного состояния металлоконструкции эскалатора ЭТ-2 в зоне В

Следует отметить, что определение мест расположения точек контроля коэрцитиметром параметра  $H_c$  выполняется исключительно на основе инженерного опыта обследователя. При этом для полноты картины требуется измерение в 10...20 точках одной секции металлоконструкции эскалатора, а общее число точек

контроля может достигать 500 и более [1]. И это только для конструкций одного типа эскалатора.

В сложившихся обстоятельствах задача практического применения коэрцитиметра весьма осложнена. Кроме этого конструкции эскалаторов имеют сложную форму, для которой места контроля напряженно-деформационного состояния с точки зрения инженерного субъективного суждения не всегда очевидны и точны. Поэтому в дальнейшем представляется актуальным предварительное построение точных моделей металлоконструкций в среде систем автоматизированного проектирования (САПР), анализ этих моделей в САПР на предмет воздействия эксплуатационных нагрузок и выявления очагов концентраций напряжений в теле металла конструкций.

### **Библиографический список**

1. Берман А. В., Ватулин Я. С., Коровин С. К. Магнитоакустический мониторинг подъемных сооружений. - Санкт-Петербург: Изд-во ОМ-Пресс, 2010. - 340 с.
2. Кулеев В. Г., Горкунов Э.С. Механизмы влияния внутренних и внешних напряжений на коэрцитивную силу ферромагнитных сталей. // Дефектоскопия, 1997, № 11, с.3-18.
3. Макарычев М. Ад в подземке. Болельщики получили ранения в римском метро [Электронный ресурс] // <https://rg.ru>: Российская газета - Федеральный выпуск №7702, 24.10.2018. URL: <https://rg.ru/2018/10/24/vlasti-italii-perelozhili-vinu-na-rossiiian-za-incident-v-metro-rima.html> (дата обращения: 21.11.2018).
4. РД ИКЦ «КРАН»-007-97-02. Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния и остаточного ресурса подъемных сооружений при проведении их обследования и техническом диагностировании (экспертизе промышленной безопасности). – М. : ИКЦ «КРАН», 2004. – 55 с.



5. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». – 20-е изд., испр. и доп. – М.: ЗАО «НТЦ исследований проблем промышленной безопасности», 2018. – 52 с.
6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности эскалаторов в метрополитенах» // Нормативные документы в сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору: Серия 10. Выпуск 83/ Колл. авт. М.: ЗАО «Научно-технический центр исследования проблем промышленной безопасности», 2014. – 76 с.

*Оригинальность 80%*