

УДК 629.083

**МЕСТА МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ
ТОННЕЛЬНОГО ЭСКАЛАТОРА**

Харлов М.В.,

кандидат военных наук, доцент,

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

г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В статье предлагается определять места магнитного контроля металлоконструкций с помощью изучения их 3D модели, построенной в среде системы автоматизированного проектирования (САПР). Далее в работе была рассмотрена 3D модель конструкции секции зоны «Б» эскалатора типа ЭТ-2. С помощью программы SolidWorks Simulation выполнено моделирование статической эксплуатационной нагрузки на элементы данной модели. В ходе моделирования установлены очаги концентрации напряжений в конструкции, которые приняты как точки магнитного контроля. Дальнейшее исследование подтвердило адекватность принятого решения. Кроме того, установлено, что число мест контроля может быть снижено, а эффективность процесса контроля увеличена.

Ключевые слова: 3D модель, металлоконструкция, тоннельный эскалатор, напряженно-деформированное состояние, магнитный контроль, коэрцитиметр.

PLACE THE MAGNETIC INSPECTION OF METAL TUNNEL ESCALATOR

Kharlov M. V.,

candidate of Military Science, assistant Professor,

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university,

St. Petersburg, Russia

Annotation

The article proposes to determine the place of magnetic control of metal structures by studying their 3D model built in the environment of computer-aided design (CAD). Further in work the 3D model of a design of section of a zone "B" of the escalator of type ET-2 was considered. With the help of the SolidWorks Simulation program, the static operational load on the elements of this model is simulated. In the course of modeling the stress concentration centers in the structure, which are accepted as magnetic control points, are established. Further research confirmed the adequacy of the decision. In addition, it was found that the number of control sites can be reduced and the effectiveness of the control process increased.

Keywords: 3D model, metal structure, tunnel escalator, stress-strain state, magnetic control, coercimeter.

В своей предыдущей работе автор отмечал актуальность построения моделей металлоконструкций тоннельного эскалатора в среде системы автоматизированного проектирования (САПР) для целей повышения эффективности магнитного контроля при техническом освидетельствовании тоннельных эскалаторов [5].

Магнитный контроль выполняется с помощью коэрцитиметра в соответствии с утвержденной методикой [3]. При этом важное значение имеет выбор точек проведения измерения. Они должны совпадать с местами концентрации напряжений при воздействии эксплуатационных нагрузок. Определять такие места можно путем моделирования в среде САПР.

В качестве объекта моделирования автором была выбрана секция наиболее протяженной зоны (зона «Б») металлоконструкции тоннельного эскалатора типа ЭТ-2. В среде САПР SolidWorks на основе чертежей была выполнена точная трехмерная модель объекта – рисунок 1. Затем в программе SolidWorks Simulation выполнено моделирование статической эксплуатационной нагрузки на элементы конструкции. При этом учтены: нормированная максимальная эксплуатационная

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

нагрузка на ступени лестничного полотна, вес элементов лестничного полотна, собственная весовая нагрузка элементов металлоконструкции, нагрузка от конструкций балюстрады и поручневого устройства [2, 4].

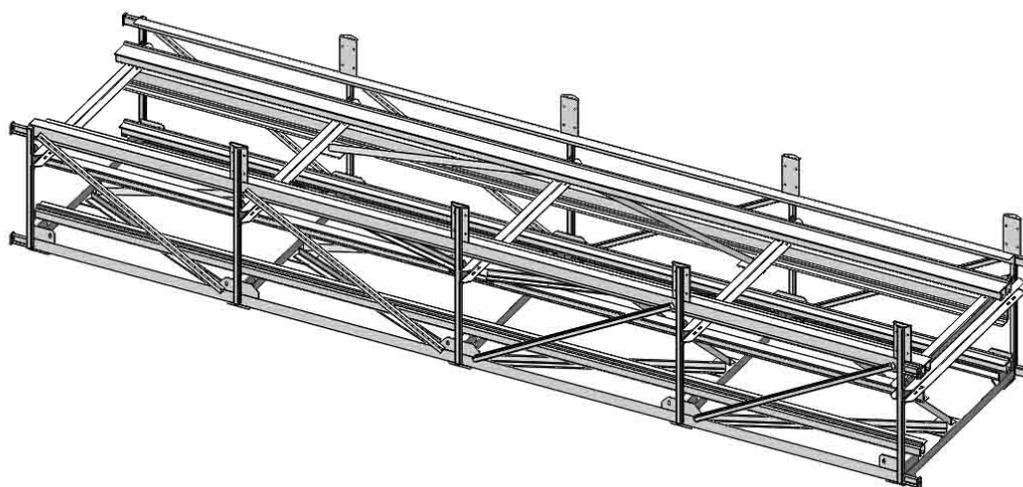


Рис. 1 – Общий вид модели секции зоны «Б» эскалатора типа ЭТ-2

В качестве материала конструкции выбрана сталь марки S235J2G3 - 1.0116 по EN 10025-2, аналогичная используемой в реальных объектах – сталь марки Ст3пс по ГОСТ 380 - 2005.

В результате моделирования были установлены очаги концентраций напряжений – рисунок 2 и 3.

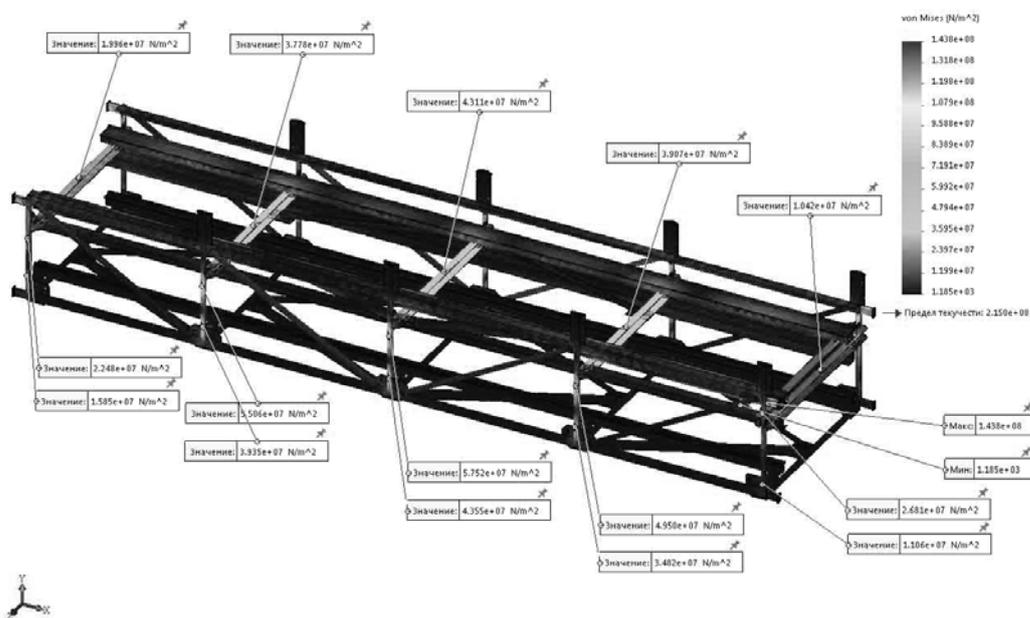


Рис. 2 – Зоны концентрации напряжений исследуемой модели - вид слева

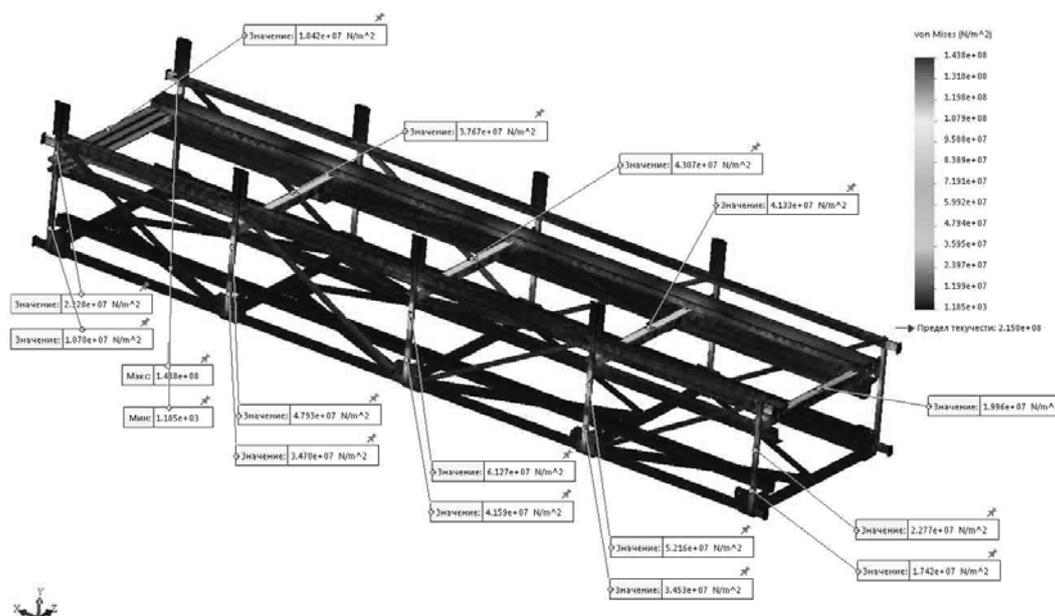


Рис. 3 – Зоны концентрации напряжений исследуемой модели - вид справа

Для оценки адекватности результатов моделирования были выполнены измерения величины коэрцитивной силы (H_c) на аналогичных металлоконструкциях, установленных на станции метро «Пролетарская» Петербургского метрополитена. Для измерений использовался коэрцитиметр КРМ-ЦК-2М.

Измерения выполнялись в два этапа. Сначала измерения выполнялись в точках, которые обычно рассматриваются при техническом освидетельствовании – рисунок 4 [1, 5]. Затем получены данные об измеряемой величине в точках, установленных при моделировании в САПР – рисунок 5. Результаты приведены в таблице.

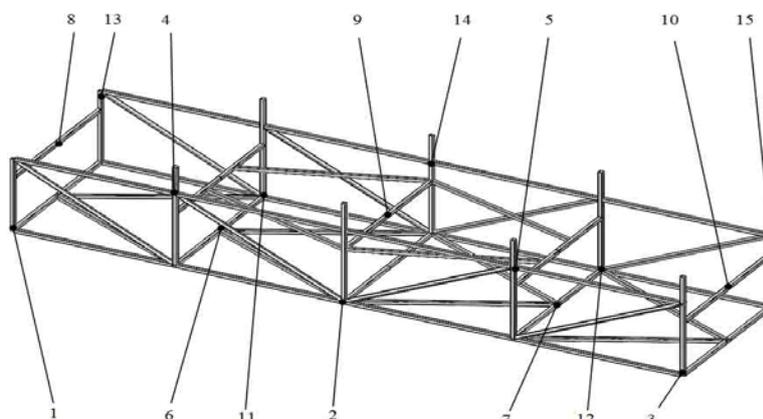


Рис. 4 – Схема обычного расположения мест магнитного контроля напряженно-деформированного состояния металлоконструкции эскалатора ЭТ-2 в зоне Б

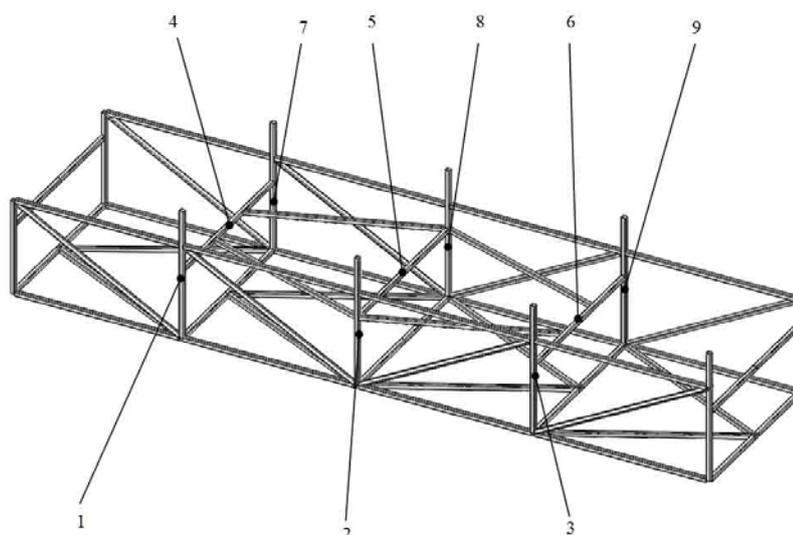


Рис. 5 – Схема расположения мест магнитного контроля напряженно-деформированного состояния металлоконструкции эскалатора ЭТ-2 в зоне Б на основе данных моделирования

Таблица – Результаты измерений величины коэрцитивной силы в точках магнитного контроля секций зоны «Б» эскалатора ЭТ-2 № 1, установленного на станции «Пролетарская»

Номер секции	Этап измерения	Номер точки контроля и измеренная величина H_c , А/см														Средняя величина, А/см	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
1	Обычный порядок	2,3	3,1	3,3	3,7	3,2	3,4	4,1	3,6	4,1	3,4	3,6	3,5	3,2	3,3	3,0	3,39
	На основе 3D модели	3,8	3,9	3,7	4,1	4,2	4,3	3,9	3,5	4,1	-	-	-	-	-	-	
2	Обычный порядок	3,0	3,2	3,1	3,9	3,5	3,3	3,4	3,9	4,5	4,4	3,3	3,6	3,3	3,3	3,7	3,56
	На основе 3D модели	3,9	4,0	4,0	4,5	4,7	3,9	3,8	3,9	3,9	-	-	-	-	-	-	
3	Обычный порядок	3,1	3,6	3,8	4,2	4,1	4,1	3,7	4,6	4,7	4,2	3,5	3,7	4,1	4,2	3,6	3,94
	На основе 3D модели	4,1	4,2	4,5	4,2	4,6	3,7	3,8	4,5	4,3	-	-	-	-	-	-	
4	Обычный порядок	2,8	3,1	3,6	3,8	3,1	3,4	3,7	3,6	3,5	4,1	3,6	3,5	3,3	3,4	3,6	3,47
	На основе 3D модели	3,9	3,8	3,7	3,9	4,1	4,2	4,3	3,8	3,7	-	-	-	-	-	-	
5	Обычный порядок	4,3	3,7	3,6	3,8	4,2	4,4	4,3	4,6	4,8	4,0	3,7	3,9	3,9	4,3	4,0	4,10
	На основе 3D модели	3,9	4,2	4,3	4,0	4,5	4,2	4,1	4,5	3,9	-	-	-	-	-	-	
6	Обычный порядок	3,3	3,7	3,9	3,9	4,9	4,5	4,4	4,2	4,9	4,2	4,4	4,5	3,7	4,6	3,7	4,19
	На основе 3D модели	4,5	4,2	4,1	3,8	3,9	4,4	4,6	4,1	4,1	-	-	-	-	-	-	
7	Обычный порядок	4,2	4,1	3,9	3,9	3,7	3,8	3,6	4,2	4,0	4,2	4,1	3,7	3,8	3,2	3,4	3,85
	На основе 3D модели	3,8	3,9	3,6	3,6	4,0	4,1	3,4	3,5	3,9	-	-	-	-	-	-	
8	Обычный порядок	3,1	4,2	3,9	3,3	3,6	3,0	4,7	4,1	4,1	4,3	4,1	2,7	4,2	3,9	3,3	3,77
	На основе 3D модели	4,1	4,3	4,5	4,0	3,7	4,1	5,0	4,4	3,9	-	-	-	-	-	-	

9	Обычный порядок	4,0	4,2	4,5	4,0	4,4	3,8	4,2	3,4	3,8	4,1	4,5	3,9	3,6	3,4	4,4	4,01
	На основе 3D модели	4,3	4,2	4,7	4,7	4,6	4,2	4,4	4,7	4,4	-	-	-	-	-	-	4,47
10	Обычный порядок	4,5	4,1	3,9	3,7	2,6	3,9	4,5	4,1	4,1	3,1	4,3	3,7	4,3	4,3	4,5	3,97
	На основе 3D модели	4,3	4,7	4,5	4,1	4,0	4,5	5,0	4,2	3,6	-	-	-	-	-	-	4,32
11	Обычный порядок	4,1	4,3	3,2	4,2	3,9	4,1	3,0	3,9	4,2	4,1	4,4	3,9	3,5	4,1	4,3	3,95
	На основе 3D модели	3,5	4,3	4,5	4,9	4,6	4,3	4,1	3,9	3,7	-	-	-	-	-	-	4,20
12	Обычный порядок	3,5	3,1	4,5	4,2	4,8	5,0	3,6	4,0	3,4	3,1	3,8	3,5	3,5	4,3	4,3	3,91
	На основе 3D модели	3,7	3,5	3,6	4,5	4,9	4,5	3,5	4,4	4,3	-	-	-	-	-	-	4,10
13	Обычный порядок	3,5	4,8	4,6	4,2	3,7	3,2	3,2	4,3	5,1	3,9	4,0	4,1	3,5	3,1	4,5	3,98
	На основе 3D модели	3,9	3,9	4,8	4,9	4,8	3,9	4,2	4,2	4,1	-	-	-	-	-	-	4,30
14	Обычный порядок	3,2	3,9	2,8	2,6	2,8	4,5	3,8	3,7	3,1	4,1	4,1	3,8	4,5	4,6	3,1	3,64
	На основе 3D модели	4,1	4,4	3,4	4,7	3,5	4,3	3,8	3,6	4,0	-	-	-	-	-	-	3,98
15	Обычный порядок	3,2	2,7	3,3	3,6	2,9	2,9	3,8	2,8	2,7	4,4	2,8	3,7	4,7	3,4	4,4	3,42
	На основе 3D модели	4,6	3,8	4,5	4,1	3,9	4,2	4,1	4,5	3,5	-	-	-	-	-	-	4,13
16	Обычный порядок	4,2	4,2	3,8	3,3	4,2	3,2	4,3	3,9	4,2	4,1	3,4	3,6	3,9	3,2	2,8	3,75
	На основе 3D модели	3,6	4,4	4,3	4,4	4,1	3,4	4,6	4,4	4,5	-	-	-	-	-	-	4,19
17	Обычный порядок	3,5	2,7	3,8	2,8	4,4	4,1	3,3	3,7	4,2	3,4	3,1	3,8	4,9	3,8	4,5	3,73
	На основе 3D модели	4,1	4,9	4,0	3,6	5,1	4,2	3,9	4,5	4,8	-	-	-	-	-	-	4,34
18	Обычный порядок	4,1	3,6	4,3	3,7	4,2	3,8	3,6	5,0	3,9	3,6	4,4	5,0	4,3	3,5	4,8	4,12
	На основе 3D модели	3,8	4,2	4,1	4,3	4,0	4,4	4,9	4,0	3,5	-	-	-	-	-	-	4,13
19	Обычный порядок	4,9	4,1	3,7	4,2	4,2	3,2	4,1	3,2	4,5	3,2	2,6	4,8	3,1	3,1	3,8	3,78
	На основе 3D модели	4,0	4,1	4,4	4,3	4,4	4,1	3,9	4,6	4,1	-	-	-	-	-	-	4,21
20	Обычный порядок	4,3	3,4	4,1	3,8	3,4	3,6	3,5	5,0	4,5	5,0	3,0	4,2	4,5	3,5	3,1	3,93
	На основе 3D модели	4,8	4,0	4,3	4,2	3,4	3,9	4,2	4,5	4,2	-	-	-	-	-	-	4,17

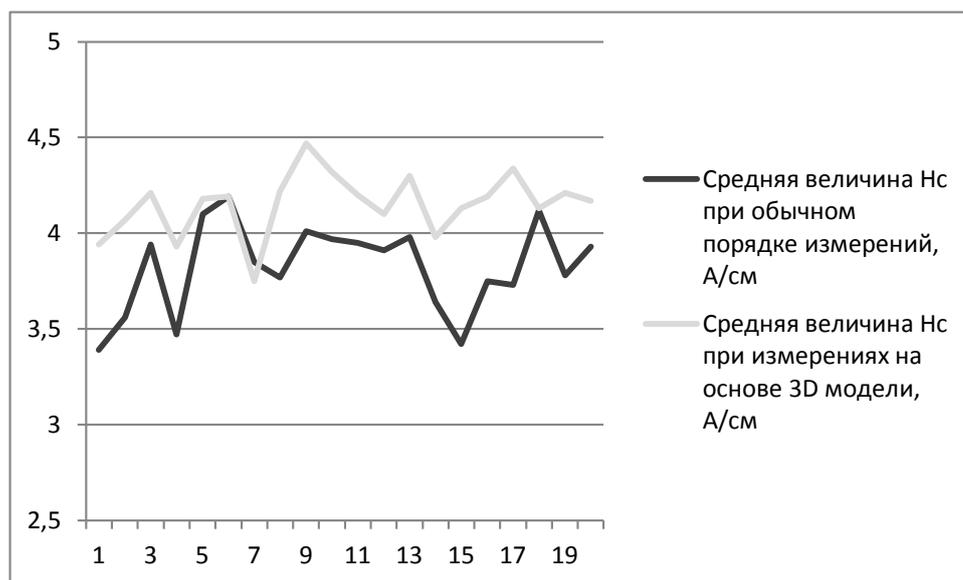


Рис. 6 – Графики значения средней величины коэрцитивной силы на разных этапах измерения

Как видно из таблицы и рисунка 6, средняя величина коэрцитивной силы, полученная при измерении в обычном порядке, почти для всех рассмотренных секций металлоконструкции имеет меньшее значение, чем при измерении на основе

3D модели. Разница значений средних величин составляет около 8 %. Это может говорить о том, что измерения действительно выполнялись в очагах концентраций напряжений и рассматриваемая модель - адекватна. А учитывая то, что для измерений на основе 3D модели было достаточно на 40 % меньшее количество точек, можно утверждать о большей эффективности таких измерений, чем в обычном порядке.

Следует сказать, качество полученных выводов может быть улучшено после более глубокой обработки результатов с помощью методов математической статистики. Также следует продолжить работу с 3D моделями других зон металлоконструкций тоннельных эскалаторов всех типов и исполнений с целью более эффективного магнитного контроля при их техническом освидетельствовании.

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. ГОСТ Р 54765-2011 (ЕН 115-1:2010) Эскалаторы и пассажирские конвейеры. Требования безопасности к устройству и установке. – М.:Стандартинформ, 2012. – 98 с.
3. 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.
4. 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.
5. Харлов М.В. Опыт применения коэрцитиметра при техническом освидетельствовании металлоконструкций тоннельных эскалаторов// Аллея науки. 2018. № 10 (26). – Томск: ИЦ«Quantum», 2018.

Оригинальность 91%