



EXPERIMENTAL STUDIES OF THE CRADLE SUSPENSION UNIT OF THE VL-80s ELECTRIC LOCOMOTIVE

Khromova Galina Alekseevna¹

Kamalov Ikram Saidakbarovich²

Makhamadaliyeva Malika Aliyevna³

¹doctor tech. sciences, professor,

²associate professor,

³doctor (of. Ph) tech. sciences, associate professor, of the Department of "Electric rolling stock",

Tashkent State Transport University, Uzbekistan, Tashkent

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14228055>

ARTICLE INFO

Received: 22th November 2024

Accepted: 26th November 2024

Online: 27th November 2024

KEYWORDS

Traction electric rolling stock, electric locomotive, electric locomotive wheel pair, diagnostics, reliability, durability, reliability indicator assessment methods, instrumental testing of parts, non-destructive testing of equipment, algorithm, program.

ABSTRACT

The article presents a comparative analysis of the data of numerical studies of the stress-strain state of the elastic rods of the cradle suspension unit of the VL-80s electric locomotive crew was carried out with the data of full-scale experimental studies conducted at "Uzbekistan Temir Yollari" JSC.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЗЛА ЛЮЛЕЧНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ электровоза ВЛ-80с

Хромова Галина Алексеевна¹

Камалов Икрам Саидакбарович²

Махамадалиева Малика Алиевна³

¹доктор технических наук, профессор,

²доцент,

³доктор технических наук, доцент, кафедра "Электрический подвижной состав,"

Ташкентский государственный транспортный университет, Узбекистан, Ташкент

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14228055>

ARTICLE INFO

Received: 22th November 2024

Accepted: 26th November 2024

Online: 27th November 2024

KEYWORDS

Тяговый электрический подвижной состав, электровоз, колесная пара электровоза, диагностика, надежность, долговечность,

ABSTRACT

В статье представлен сравнительный анализ данных численных исследований напряженно-деформированного состояния упругих стержней люлечного подвешивания кузовной части электровоза ВЛ-80с с данными натурных экспериментальных исследований, проведенных в АО "Узбекистон темир йуллари."



*методы оценки показателей
надежности,
инструментальные
испытания деталей,
неразрушающий контроль
оборудования, алгоритм,
программа.*

Для успешного освоения высоких скоростей движения наряду с улучшением содержания локомотивного парка необходимо проводить мероприятия по модернизации и созданию более совершенных локомотивов и их частей, особенно тележек с улучшенными системами рессорного подвешивания с применением усовершенствованных конструкций узлов люлочного подвешивания электровозов, на примере электровоза ВЛ-80с [1,2].

На основании вероятностно-статистической обработки эксплуатационных данных по отказам электровозов серий ВЛ-80 и ЗВЛ-80с установлено, что существующая конструкция люлочного подвешивания электровоза ВЛ-80с имеет существенные недостатки:

- низкую надежность, так как упругие стержни, установленные в узле люлочного подвешивания электровоза ВЛ-80с, подвержены знакопеременному изгибу и кручению. В связи с этим они разрушаются в шейке в результате усталостного износа;
- низкую динамическую прочность за счет большого числа пружин и шарниров;
- низкую способность гашения высокочастотных составляющих динамических нагрузок, так как гашение происходит только за счет упругих элементов типа пружин и резиновых прокладок.

Всего за период с 1.01.2018 года по 3.08.2022 года было зафиксировано 53 отказа механической части (100 %) у электровозов типа ВЛ-80 и ЗВЛ-80с (по данным ТЧ-1). При этом значительное место занимают усталостные трещины (28 случаев), возникающие в конструктивных элементах узла люлочного подвешивания – общий процент составил – 11.32 % (трещины в упругих стержнях люлочного подвешивания, а также разрушение опорных витков пружин и т.п.). Поэтому в настоящее время необходимо при модернизации повысить надежность благодаря замене упругих стержней люлочного подвешивания на модернизированную конструкцию.

В данной статье проведен сравнительный анализ данных численных исследований напряженно-деформированного состояния упругих стержней узла люлочного подвешивания экипажа электровоза ВЛ-80с с данными натурных экспериментальных исследований, проведенных в АО «Узбекистон темир йуллари».

Методика проведения экспериментальных исследований определена совокупностью правил применения определенных принципов для осуществления натурных испытаний, которые заключаются в исследовании внешних воздействий, использовании соответствующего оборудования и аппаратуры (вибродатчиков и тензодатчиков), применении автоматизированного комплекса регистрации и обработки данных эксперимента вероятностно-статистическими методами (Analyzer



2020). Кроме того, предлагаемая нами методика испытаний базируется на методике проведения натурных испытаний электровозов, принятой одинаковой для всех стран СНГ [1,2].

Натурные экспериментальные исследования были проведены на электровозах ВЛ-80с. Время испытаний принималось в зависимости от поездного графика, причем записи производились в течение часа, с повторностью одинаковых режимов не менее 3-х раз. Температура окружающей среды фиксировалась и находилась в пределах $20^{\circ} \pm 21^{\circ}\text{C}$. Скорость электровоза варьировалась от 20 до 90 км/час. Варьировалась масса поезда, в зависимости от условий поездного графика, имеющегося по данным реальных перевозок грузов.

Целью проведения экспериментальных исследований является:

1. Анализ динамических вибраций узлов люлечного подвешивания электровозов ВЛ-80с в условиях эксплуатации в АО «Узбекистон темир йуллари».
2. Определение величин виброускорений упругих стержней узлов люлечного подвешивания электровоза ВЛ-80с и сопоставление результатов с аналитическими данными;
3. Определение преобладающих частот колебаний упругих стержней узлов люлечного подвешивания электровоза ВЛ-80с и построение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) испытываемой механической системы. Сопоставление полученных результатов с существующими и известными в настоящее время.
4. Анализ напряженно-деформированного состояния упругих стержней узлов люлечного подвешивания электровоза ВЛ-80с при различных режимах нагружения и сравнение данных эксперимента с теоретическими данными.

При экспериментальных исследованиях использовалась двойная параллельная регистрация виброколебаний (вибродатчики DT-14 и KD-35) и деформаций (тензодатчики) в контрольных точках: в низкочастотной области запись велась на самописец НЗ38; в широком диапазоне частот запись производилась на магнитную ленту при помощи магнитофона Hightech G637.

Тензодатчики 2ПКБ-10 с базой 10 мм были установлены в 3-х сечениях по длине упругого стержня люлечного подвешивания электровоза (соответственно на 0.33, 0.5 и 0.66 от общей длины стержня). В тех сечениях, в которых происходит наиболее часто усталостное разрушение согласно данным обследований упругого стержня.

После проведения записей в натурных условиях с установленными в контрольных точках датчиками производится расшифровка полученных записей. С самописца снимается бумажный носитель - бумажная лента с масштабной разметкой, и производится вероятностно-статистическая обработка результатов с помощью ЭВМ (Analyzer 2020). С магнитофона сигнал подается на audio-вход стандартной звуковой карты персонального компьютера, записывается в цифровом формате на жесткий диск, а затем подвергается обработке при помощи специального программного обеспечения с выдачей результатов в графическом виде на экране монитора компьютера. Из технических характеристик каждого тракта приборов видно, что по электрическим характеристикам погрешность измерений вибрации не превышает 0,5%, а погрешность самописца составляет $\pm 3\%$. Учитывая, что обе погрешности



накладываются друг на друга при одновременном использовании, принимается суммарная погрешность при проведении экспериментальных измерений не превышающая $\pm 4\%$.

В результате проводится построение амплитудно-частотных характеристик с анализом 5 преобладающих частот (согласно данным теоретического расчета) для различных режимов нагружения. В таблице 1 дается анализ по виброускорениям и суммарным напряжениям данных экспериментальных исследований.

Сведения о проведенных экспериментальных измерениях по виброускорениям и суммарным напряжениям

Таблица 1.

Контрольная точка	Максимальная амплитуда на H338, мм	Максимальная амплитуда на мониторе, dB	Виброускорение, Гц	Напряжение, МПа
Рама кузова вертикально	31		2,07	28
Рама тележки вертикально слева	27,5	56,1	1,57	34
Рама тележки вертикально справа	27	53,4	1,8	38
Рама тележки горизонтально слева	26,3	45,5	1,65	12
Рама тележки горизонтально справа	23	45,8	1,31	18
Упругий стержень люлечного подвешивания вертикально	26,4	43,4	1,26	39
Упругий стержень люлечного подвешивания горизонтально	22,8	44,9	1,57	14



Рисунок 1. Спектр вертикальных колебаний на раме тележки слева

Из спектрального анализа полученных экспериментальных записей видно, что колебания рамы кузова и упругого стержня люлечного подвешивания электровоза ВЛ-80с под воздействием вынуждающей нагрузки, возникающей при движении электровоза по пути с периодической неровностью и в кривых, испытывают на себе широкий частотный спектр динамических нагрузок (от 0,1 до 5000 Гц). Колебания с более высокими частотами в спектре также присутствуют, но они не свойственны механическим системам и объясняются наличием гармонических составляющих в спектре.

На рисунке 1 приведен пример виброграммы, полученный в результате вероятностно-статистической обработки результатов с помощью ЭВМ (программа гармонического анализа - *Analyzer 2000*) в контрольных точках рамы кузова электровоза и упругом стержне люлечного подвешивания.

Частота колебаний рамы локомотива в среднем лежит в пределах от 1 до 5 Гц, частота рамы тележки лежит в пределах от 3 до 11 Гц на основной частоте без учета гармоник.

Из анализа полученных экспериментальных результатов следует, что максимальные напряжения упругих стержней люлечного подвешивания локомотива ВЛ-80с соответствуют известным теоретическим исследованиям, представленным в работах [4,5,6] (таблица 1).

References:

1. Оганьян Э. С., Волохов Г. М. Расчеты и испытания на прочность несущих конструкций локомотивов: учеб. пособие. - М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013.-326 с.



2. Dankovtsev V.G., Kiselev V.I., Chetvergova V.A. Locomotive maintenance and repair. /Ed. V.A. Chetvergova, V.I. Kiseleva. M: SEI «Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport», 2007. - 558 p.
3. Хромова Г.А., Раджибаев Д.О., Хромов С.А., Разработка методов расчета на динамическую прочность рамных конструкций локомотивов сложной конфигурации для транспортного машиностроения. Монография. – Т.: «Инновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи», 2020. – 192 с.
4. Хромова Г.А., Раджибаев Д.О., Хромов С.А., Камалов И.С. Модернизация узла люлочного подвешивания электровоза ВЛ-80с. // Вестник ТашИИТ. – 2020. – № 3. – С.67-80.
5. Khromova G., Kamalov I., Makhamadalieva M. Methods of calculating the dynamic strength of the modernized cradle suspension unit for the VL-80s electric locomotive. // AIP Conference Proceedings 2023, AIP Publishing LLC, Vol. 2476, 020035 (2023). Available at: <https://doi.org/10.1063/5.0104686>
6. Хромова Г.А., Камалов И.С., Махамадалиева М.А. Численные исследования по модели модернизированного узла люлочного подвешивания электровоза ВЛ-80с при движении в кривых//The scientific journal of vehicles and road. / Issue 2, 2021, pp.64-72.