

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РЕСУРСА НЕСУЩИХ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ТЯГОВОГО
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

Отабек Хамидов

доктор технических наук доцент

Ташкентский государственный транспортный университет
Узбекистан, Ташкент

Мардонбек Холбоев

Магистрант

Ташкентский государственный транспортный университет
Узбекистан, Ташкент

**EXPERIMENTAL METHODS FOR ESTIMATING THE RESOURCE OF
LOAD-BEARING METAL STRUCTURES OF TRACTION
ROLLING STOCK**

Otabek Khamidov

Doctor of Technical Sciences, Head of department of Tashkent
State Transport University,
Uzbekistan, Tashkent

Mardonbek Xolboyev

undergraduate of Tashkent State Transport University,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Системный подход к оценке остаточного ресурса металлоконструкций тягового подвижного состава подразумевает под собой обязательные экспериментальные исследования отдельных узлов и зон обследуемого объекта. В случае приемлемых временных и финансовых затрат проводят разрушающие испытания натуральных конструкций, в противном, ограничиваются испытаниями вырезанных образцов металла или применяют все возможные неразрушающие методы контроля. В любом из перечисленных вариантов информации должно быть достаточно для принятия достоверного решения.

Ключевые слова: эксплуатации, высокие частоты нагружения, трещины, изгибов, срок службы, горочный режим, дефектов сварки

ABSTRACT

A systematic approach to assessing the residual life of metal structures of traction rolling stock implies mandatory experimental studies of individual units and zones of the object under examination. In the case of acceptable time and financial costs, destructive testing of full-scale structures is carried out, otherwise, testing of cut metal samples is limited or all possible non-destructive control methods are used. In any of the above options, the information should be sufficient to make a reliable decision.

Key words: exploitation, high frequency pressure, cracks, curves, life time, welding defects,

Является очевидным, что наиболее адекватные результаты испытаний могут быть получены привоспроизведени и на объекте исследований реальной схемы сили приложении их величин по законам, характерным для эксплуатации. Несмотря на свою привлекательность, изложенный метод проведения эквивалентных стендовых испытаний так и не получил широкого распространения. Это связано с технической сложностью, дорого визной их длительностью в виду низкой частоты проведения испытаний. В связи с

этим, большинство испытаний по оценке остаточного ресурса несущих металлоконструкций подвижного состава проводят обычно при простых схемах, позволяющих реализовывать более высокие частоты нагружения, на резонансных стендах.

Этим способом были проведены испытания боковин, как балки на двух опорах, унифицированных рам челюстных тележек тепловозов ТЭМ2. Металлоконструкции рам, снятые с эксплуатации по истечению назначенного срока службы (20-25 лет), видимых трещин дефектов не имели. Учитывая, что по результатам проведенных ранее исследований при остановках на производстве и обследованиях данных эксплуатации, наиболее нагруженными являются боковины, включая зоны буксовых кронштейнов, то они и подвергались усталостным испытаниям. Поэтому, образцы рам разрезались на отдельные боковины. Затем они доработывались таким образом, чтобы исключить влияние мест разрезки на результаты испытаний.

Испытания боковин на усталость проводились при изгибах в вертикальной плоскости, как на и более характерной на грузовых тепловозах эксплуатации. Перед проведением испытаний исследуемые зоны каждой боковины оснащались тензорезисторами. Их показания тарировались при нагружении боковины статическими усилиями. Статическая нагрузка на все боковины была одинакова и составляла 785 кН, что соответствовало изгибающему моменту в наиболее нагруженном сечении балки 650 кНм. Эта величина задавалась в соответствии с нагрузками от надтележечного веса тепловоза. Динамическая составляющая нагрузки изменялась в процессе испытаний для каждой боковины. Первоначальный уровень динамических напряжений принимался равным пределу выносливости новых боковин (30 МПа). Если при испытаниях на этом уровне нагрузки на базе 10^7 циклов боковина повреждалась с зарождением трещин, последующая нагрузка снижалась на 10-45%. Таким образом, каждая исследуемая зона боковины испытывалась на двух ступенях динамической нагрузки с частотой 33 Гц. На следующем этапе испытаний развившиеся в

боковинах трещины заваривались, заваренная зона подвергалась упрочнению путем на клёпа. После этого испытания боковины продолжались до наработки 10^7 циклов нагружений. Таким образом, исследовалась возможность ремонта повреждённых рам. Режимы нагружения, осуществлённые при изложенных испытаниях, и полученные результаты при ведены в табл-3

Таблица 3.- Результаты испытаний боковин унифицированных челюстных тележек тепловозов ТЭМ2, отработавших в эксплуатации назначенный срок службы в 20-25 лет

Статическое напряжение в испытываемом сечении боковины, МПа	Динамическое напряжение в испытываемом сечении боковины, МПа	Число циклов до разрушения боковины	Место разрушения	Примечание
1	31,5	$2,9 \cdot 10^6$	нижний лист боковины, от сварного шва крепления к нему нижнего листа поперечной балки	боковина в исходном состоянии
2	31,5	10^7	не разрушилась	—
3	31,5	10^7	—	—
4	31,5	$3,5 \cdot 10^6$	нижний лист боковины, с обеих сторон от сварного шва крепления к нему нижнего листа поперечной балки	—
5	31,5	10^7	не разрушилась	боковина после заварки и упрочнения
6	31,5	10^7	—	—

Результаты испытаний подтвердили наличие существенного резерва по остаточному ресурсу у металлоконструкций челюстных рам тележек тепловозов типа ТЭМ2. Проведение их восстановительного ремонта требует тщательной дефектоскопии и наиболее напряженных зон металлоконструкции, потенциально опасных по зарождению усталостных трещин, и назначению ремонтных, восстановительных и упрочняющих технологий.

Оценка остаточного ресурса путем проведения разрушающих испытаний не всегда возможна и экономически оправдана. Поэтому всё более широко применяются не разрушающие испытания не только для выявления дефектов, но и для количественной оценки их типа, размеров и степени изменения

характеристик прочности материалов. Переход от простого обнаружения дефектов к установлению их количественных характеристик связан с необходимостью определить остаточный срок службы металлоконструкций. Этот переход осуществляется параллельно с развитием механики разрушения и других методов управления долговечностью, которые требуют количественной информации о степени опасности дефектов.

Целью проведения сопоставительного анализа неразрушающих методов контроля были сформулированы факторы ранжирования, подлежащие определению в процессе исследования объекта.

По свойствам: А—степень деструкции структуры материала по вреждённость; Б—изменение прочностных свойств; В—локализация и определение размеров дефектов. По возможности контроля: Г—глобальный; Д—локальный; Е—поверхности; Ж—толщины; З—объёма. По необходимой технологической подготовке объекта:—К.

На основе сформулированных факторов и возможностей применения методов неразрушающего контроля проведено их ранжирование с помощью оценки 1/0-да/нет. Результаты проведенного анализа сведены в табл.4.

Таблица 4.—Результаты ранжирования методов неразрушающих исследований по факторам возможностям

Факторы и возможности применения метода	Метод регистрации и измерения						
	Капиллярная дефектоскопия	Магнитные		Радиографические	Ультразвуковые	Акустические	Вдавливание индентора - склерометрия
остаточная намагниченность		коэрцитивная сила					
А	0	1	1	1	0	0	1
Б	0	0	1	0	0	0	1
В	1	0	0	1	1	1	0
Г	1	1	1	0	0	0	0
Д	1	1	1	1	1	1	1
Е	1	1	1	0	0	1	1
Ж	0	1	1	1	1	1	0
З	0	1	1	1	1	1	0
К	1	1	1	0	0	0	0
$\Sigma_{А+...+К}$	5	7	8	5	4	5	4

Анализ результатов табл.4 показывает, что наиболее перспективными методами для исследований несущих металлоконструкций тягового подвижного состава являются магнитные, но они не позволяют локализовать и

установить размеры под поверхностного дефекта. Поэтому на практик еиспользуют совместно два три метода.

Излагаемый подход к оценке долговечности, являясь одним из возмож-ных, не дает единой методологической базы,обеспечивающей сопостави-мость результатов оценки ресурса для одно типных металлоконструкций локомотивов. Это связаностем, что реальный ресурси его расчетная оценка в значительной мереопределяется нагрузками, воспринимаемыми тепловозом в процессе его эксплуатации. Очевидно,что весь спектр возможных условий эксплуатации не возможно учесть,поэтому былс формирован у средненый режим эксплуатации маневрового тепловоза в виде репрезентативного набора типичных ездовых ситуаций, сведенныхв табл.5,6.

Таблица 5.

—У средненное распределение типичных эксплуатационных Ситуаций за 1 сутки для маневрового тепловоза (типа ТЭМ2)

При его работена сортировочной горке и подъездных путях к ней

Описание эксплуатационной ситуации	Протяженность в км	Количество
Общая протяженность маршрута. В том числе:	3,552	
- рабочий парковый путь;	1,25	
- надвиг на горку;	0,4	
- путь обратного пробега;	1,9	
- вершина горки.	0,002	
Прохождение кривых:		
- 600 м;	0,46	4
- 300 м.	0,38	18
Прохождение стрелки:		
- прямые;	0,002	9
- боковые.	0,002	48
Прохождение вершины горки		10
Количество обрабатываемых составов		36
Среднесуточный пробег	124,8 км	
Среднемесячный коэффициент использования бюджета времени тепловоза	93,6 %	

Таблица 6.-У средненное распределение максимальных сжимающих и тяговых сил на автосцепке при обработке составов маневровым тепловоза (типа ТЭМ2) За 1 сутки при его горочной работе

Диапазон сил в кН	Сжатие (подход к составу), раз	Растяжение (тяговое усилие), раз
до 200		12
201-400	4	21
401-600	20	3
601-800	9	
801-1200	2	
1201 и выше	1	

Указанными таблицами описан горочный режим эксплуатации тепловозав виде набора типичных ездовых ситуаций за 1 сутки. Нагруженность конкретного узла-детали, определяется путем проведения режима метрирования по каждой из описанных, в табл. 5 и 6, ситуаций. По результатам проведенных исследований методом «дождя» строится с уммарная гисто граммараспределения напряжений в исследуемой зоне конструкции, отвечающая табл. 5 и 6 по виду и объемам перечисленных ездовых ситуаций.

Нижний уровень напряжений здесь оценивался исходя из того, что основным технологическим способом сборки металлоконструкций тепловоза является сварка, а используемой сталью—Зсп. Очевидно, расчет наиболее ответственных сварных конструкций необходим о вести и зпредположения, что

Одним из дефектов сварки, уже в начале эксплуатации, может быть инициирована усталостная трещина. Так, например, в технических условиях на сварку металлоконструкций подвижного состава регламентирован минимальный размер подреза сварного шва глубиной 0,5мм. Поэтому, минимальный размер амплитуды учитываемых напряжений рассчитывался по формуле

$$\sigma \geq \frac{\Delta K_{lth}}{\sqrt{\pi \cdot l_0}}$$

где: ΔK_{lth} —порогово езначение размаха КИН, $l_0=0,5\text{мм}$ —минимальный Размер учитываемого трещино подобного дефекта (по ТУ как указывалось).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Волохов Г.М. Анализ остаточного ресурса несущих металлоконструкций тягового подвижного состава с использованием моделей теории ката-строп / Обеспечение и повышение качества машин на этапах их жизненного цикла. Материалы 5-й междунар. науч.-техн. конф. 19-21 окт. 2005 г. БГТУ — Брянск, 2005 г. - С. 50-52.
2. Волохов Г.М. Влияние дефектов сварных швов на остаточный ресурс Несущих металло конструкций подвижного состава / Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2005. - №4. — С. 32-35.
3. Волохов Г.М. Остаточный ресурс несущих конструкций тягового Подвижного состава железных дорог: Монография / Г.М. Волохов, В.П. Тихомиров. - Орел: ОрелГТУ, 2006. - 158 с: ил. - ISBN 5-93932-104-6.
4. Zayniddinov, N., & Abdurasulov, S. (2022). DURABILITY ANALYSIS OF LOCOMOTIVE LOAD BEARING WELDED STRUCTURES. *Science and innovation*, 1(A8), 176-181.