

Омский государственный университет путей сообщения

**УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ
ЛОКОМОТИВОВ НОВЫХ СЕРИЙ**

**Профессор кафедры ТТМ и РПС
Шантаренко С. Г.**

Жизненный цикл технической системы

- Жизненный цикл технической системы – это стадии процесса, охватывающие различные ее состояния начиная с момента появления и заканчивая полным выводом из эксплуатации, которые можно представить как идея, разработка, производство, эксплуатация, ликвидация.
- Сложные технические системы проходят жизненный цикл, занимающий десятки лет. Управление жизненным циклом таких систем является стратегическим направлением науки и технологической политики в промышленности и смежных секторах, позволяющим обеспечить сокращение затрат на разработку и производство наукоемкой продукции на 20...30 %; затрат, связанных с браком и устранением дефектов продукции, на 15...20 %; затрат в период эксплуатации продукции на 20...25 %; времени вывода на рынок новых образцов продукции на 60...70 %.
- Для железнодорожного подвижного состава жизненный цикл (ЖЦ) определяется как «совокупность взаимосвязанных, последовательно осуществляемых процессов установления требований к потребительским свойствам и техническим параметрам железнодорожного подвижного состава, а также процессов его создания, применения и утилизации» (ГОСТ Р 52944-2008).
- В начале двухтысячных годов под поддержкой жизненного цикла технического объекта (ЖЦТО) понимали в основном проектные и конструкторские работы, поскольку инструментальные средства были сосредоточены на автоматизированном проектировании и управлении данными. В настоящее время можно утверждать, что поддержка (управление) ЖЦТО – это концепция, построенная на основе системных решений, обеспечивающих коллективную разработку, распространение и использование технических данных об изделии, а также управление ими, начиная с создания изделия и заканчивая его утилизацией. Поддержка жизненного цикла изделия обеспечивает интеграцию информации, персонала, бизнес-процессов, проектных, конструкторских, производственных и управленческих систем на всех стадиях жизненного цикла.
- Иными словами, управление жизненным циклом изделия – особая деятельность на стадиях разработки, производства, эксплуатации, ремонта и утилизации изделия, осуществляемая субъектами управления путем воздействия на конструкцию изделий, производственную среду, систему технической эксплуатации и собственно физические экземпляры изделий с целью повышения эффекта от создания и применения изделия, при максимально возможном снижении стоимости его ЖЦ.
- В реальной жизни управление ЖЦ тесно интегрировано в деятельность по разработке, производству и эксплуатации изделия и его выделение в отдельный подвид осуществляется условно, исключительно для удобства анализа и формирования необходимого методического, нормативного и технического инструментария.

Жизненный цикл железнодорожного подвижного состава

Для железнодорожного подвижного состава эффективность процессов управления жизненным циклом на стадии эксплуатации достигается координацией решений, основанных на определении технического состояния объекта и знаниях о его обслуживании. Подобная координация обеспечивает:

- полнофункциональное планирование и выполнение плановых текущих ремонтов и технического обслуживания на основе показателей эксплуатационной надежности и нормативных требований по техническому состоянию с учетом уровня технологической готовности ремонтных и сервисных предприятий;
- управление запасными частями и материалами с учетом выполняемых операций и обработки заказов на обслуживание;
- прослеживаемость финансов и активов;
- обучение и сертификация;
- мониторинг и прогнозирование технического состояния объектов жизненного цикла.

В период эксплуатации как самой продолжительной стадии жизненного цикла железнодорожного подвижного состава основными направлениями поддержки ЖЦ являются совершенствование и оптимизация технологических процессов эксплуатации и ремонта, конструктивных решений основных деталей, узлов и сборочных единиц, определяющих эксплуатационную надежность.

Жизненный цикл железнодорожного подвижного состава

Экипажная часть (экипаж) является основной частью конструкции локомотива, обеспечивающей его движение в рельсовой колее, и представляет собой повозку с колёсными парами, в которой располагается необходимое энергетическое и вспомогательное оборудование. К экипажной части предъявляется ряд обязательных конструктивных требований и условий содержания при эксплуатации, таких как:

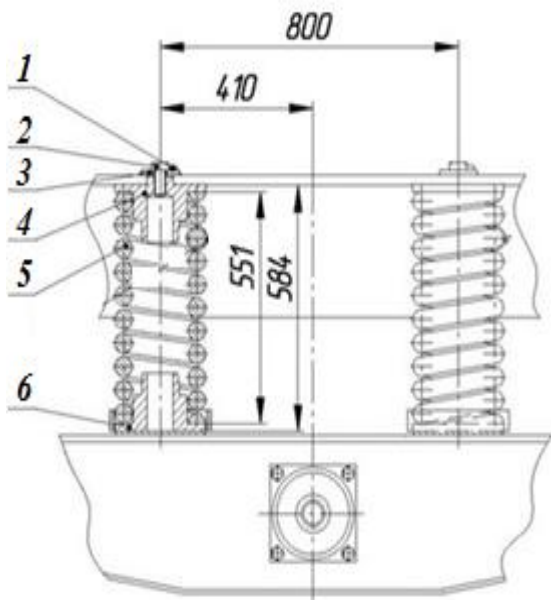
- способность двигаться на прямых и криволинейных участках пути, не вызывая перегрузок в элементах конструкции;
- сохранять прочность узлов и деталей в течение всего срока службы;
- защищать оборудование локомотива от вредного воздействия вибраций и внешней среды.

Кузовная ступень рессорного подвешивания (вертикальные упругие соединения) обеспечивает виброзащиту кузова, а улучшение плавности хода и снижение воздействия на путь – квазиупругие устройства поперечной связи – так называемые возвращающие устройства.

Связи кузова с рамой тележки предназначены для передачи всех видов усилий между рамой кузова и тележкой. Кузовное подвешивание 2ЭС6 состоит из пружин типа «flexicoil», гидравлических гасителей колебаний, упоров-ограничителей горизонтальных и вертикальных перемещений, а также наклонных тяг.

Кузовное рессорное подвешивание электровоза 2ЭС6

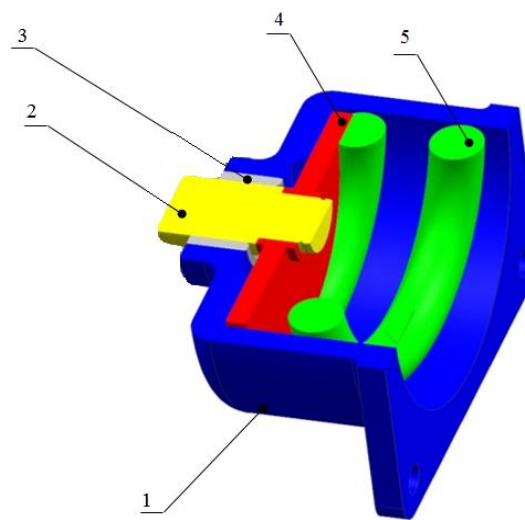
Поворот тележки относительно кузова в кривых участках пути вызывает поперечную деформацию концевых витков пружин до 91 мм в кривых участках радиусом до 80 – 100 м, при этом на тележку действует возвращающий момент от поперечной деформации пружин 11,75 кН·м/град, который в крутых кривых достигает 47 кН·м (поворот тележки до 4°).



Кузовное рессорное подвешивание электровоза 2ЭС6

Палец упора-ограничителя 2 с пружиной 5 закреплены на боковине рамы в стакане 1 посередине тележки и после регулируемого зазора 20 мм упирается в упорную плиту, закрепленную на обносном швеллере рамы кузова.

Упор-ограничитель горизонтальных перемещений тележки :
1 – стакан; 2 – палец; 3 – втулка; 4 – основание; 5 – пружина

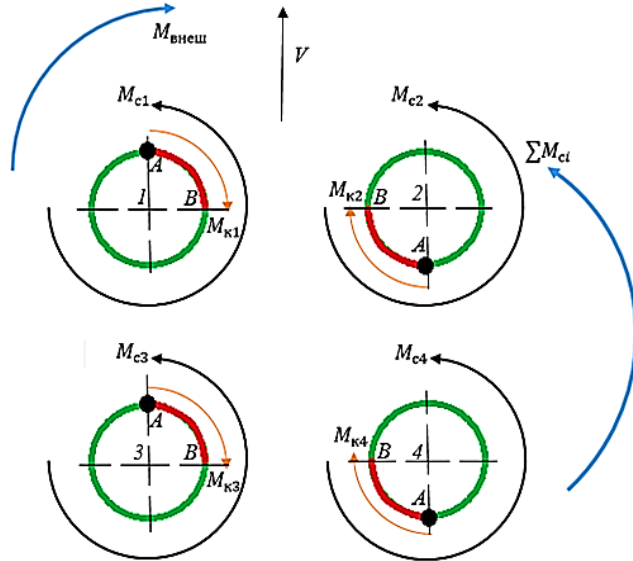


Упоры-ограничители горизонтальных перемещений тележки, горизонтальные гидравлические гасители колебаний выполняют функцию стабилизации горизонтальных колебаний виляния и отбоя тележки.

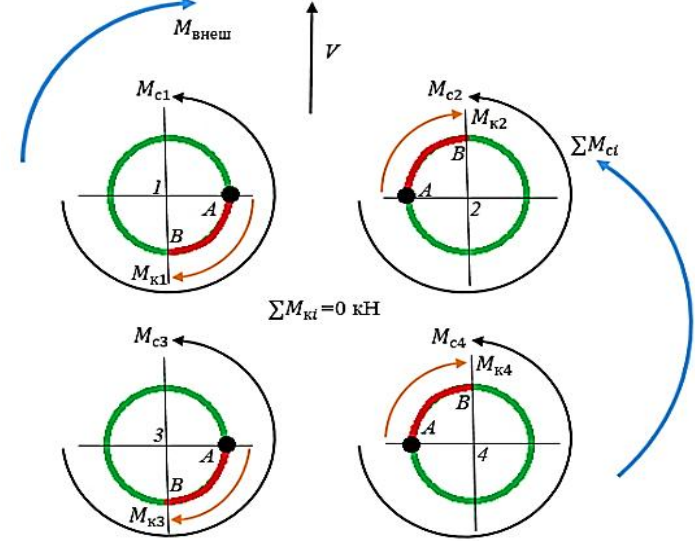
ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КУЗОВНОГО РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОВЗОВОВ 2ЭС6

УСТАНОВКА КУЗОВНЫХ ПРУЖИН ТИПА «FLEXICOIL» С ОРИЕНТИРОВАННЫМИ НАРУЖУ ТЕЛЕЖКИ КОНЦЕВЫМИ ВИТКАМИ

В конструкторской и технологической документации электровоза 2ЭС6 регламентировано положение кузовных пружин с ориентированными наружу тележки концевыми витками. Возможны два варианта такой установки кузовных пружин.



Вариант а



Вариант б

— опорная поверхность концевой витка

A – окончание концевой витка

— фрагмент рабочего витка

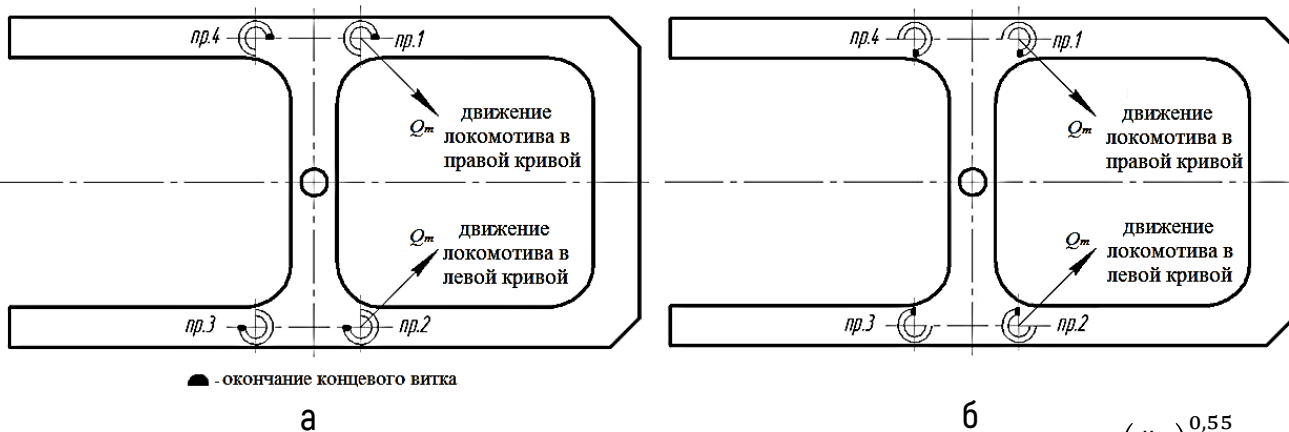
B – окончание рабочего витка

Момент кручения M_{ki} в дуге АВ возникает от воздействия вертикальной силы и направлен по часовой стрелке (правая навивка пружины).

$$\vec{M}_{к1} + \vec{M}_{к2} + \vec{M}_{к3} + \vec{M}_{к4} = 0 \text{ - условие равновесия моментов кручения комплекта кузовных пружин одной тележки}$$

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОВЗОВ 2ЭС6

УГЛОВЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТЕЛЕЖКИ В КРИВЫХ РАЗНОГО НАПРАВЛЕНИЯ



Q_m – результирующая сил, действующих в поперечном направлении на кузовную пружину при повороте и боковом сносе тележки, кН.

Боковая сила, действующая на гребень: $F_6 = P \cdot 0,42 \left(\frac{\mu_{тр}}{\mu_0}\right)^{0,8} \cdot K_1^3 \cdot \left(\frac{\mu_0}{\mu_{тр}}\right)^{0,55} \cdot K_2^{0,8} \cdot n_0^{0,75} \cdot \left(\frac{a_T}{2S}\right)^{-0,15}$,

между кругами катания колес, м; $K_2 = 1 + \frac{(M_{п} + M_{y})}{P \cdot 2a_T}$ – критерии сопротивления повороту тележки со стороны кузова; $M_{п}$ – момент упругих сил кузовных пружин, кН·м; M_{y} – момент упругих сил упоров-ограничителей поперечных перемещений кН·м; $2a_T$ – база тележки, м; n_0 – число осей в тележке. где P – нагрузка колеса на рельс, кН; $\mu_{тр}$ – коэффициент трения между колесом и рельсом; μ_0 – базовое значение коэффициента трения бандажей по рельсам; $K_1 = 1 + \frac{v^2}{g \cdot R}$ – критерий непогашенного поперечного ускорения; v – скорость движения локомотива, м/с g – ускорение свободного падения, м/с²; R – радиус кривой, м; h – возвышение наружного рельса над внутренним, м; $2S$ – расстояние

Вариант положения концевых витков	Угол поворота тележки в прямом участке пути, φ°	Направление кривой	Угол поворота тележки в кривой, φ°	F_6 , кН
а	-0,814	левая	1,440	67
		правая	-3,011	
б	0,137	левая	2,451	63
		правая	-2,261	

Таким образом, установка пружин кузовного рессорного подвешивания с положением концевых витков по схеме на рис. 3б является оптимальным вариантом с точки зрения повышения динамических качеств электровоза 2ЭС6, что позволяет увеличить ресурс бандажа на 29 % (с 380 тыс. км до 490 тыс. км пробега до смены бандажа) и снизить интенсивность его изнашивания с 0,495 мм/10 тыс. км до 0,359 мм/10 тыс. км (на 38 %).

Внесение соответствующих изменений по установке кузовных пружин (оптимальное положение концевых витков) в технологические процессы ремонта позволит повышать эксплуатационную надежность и снижать стоимость жизненного цикла электровоза 2ЭС6.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КУЗОВНОГО РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ ЭЛЕКТРОВЗОВ 2ЭС6

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНАШИВАНИЯ ПАЛЬЦА УПОРА-ОГРАНИЧИТЕЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТЕЛЕЖКИ

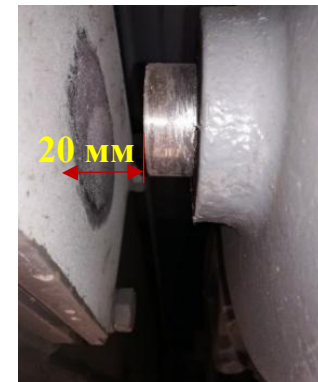
Нормативный зазор между упором-ограничителем и упорной плитой рамы кузова составляет 20 мм, что обеспечивает ограничение горизонтальных перемещений тележки в прямом участке пути, не препятствует повороту тележки в пологих кривых, формирует регламентированную характеристику упругой поперечной связи в кузовном рессорном подвешивании при вписывании локомотива в кривые малого радиуса (менее 350 м).

В соответствии с нормами допусков и износов деталей механической части электровоза 2ЭС6 зазор между пальцем упора-ограничителя и упорной плитой рамы кузова при пробеге локомотива 600 тыс. км должен составлять 19 – 21 мм (допустимая интенсивность изнашивания – 1 мм на 600 тыс. км пробега).

Были выполнены замеры зазора между пальцем и упорной плитой рамы кузова на контрольной группе электровозов 2ЭС6.

Анализ результатов эксперимента показал, что при сборке механической части допускаются отклонения зазора от нормативного значения: минимальный зазор составлял 11 мм, максимальный – 27 мм.

В среднем износ упора до браковочных параметров происходит при пробеге локомотива 79500 км. К пробегу 300 тыс. км износ упора достигает 3,8 мм. Максимальный износ 8 мм был зафиксирован при пробеге 258007 км, что составляет 1 мм за 32250 км (интенсивность изнашивания 0,31 мм/10 тыс. км). Максимальная величина зазора в эксплуатации составила 30 мм. На левой стороне тележек относительно кабины управления износ упоров на 17 % был больше чем на правой, а упоры крайних тележек имели на 28 % больший износ, чем на внутренних. Отмечено, что в тех случаях, когда при начальных условиях (ТР-600) зазор был менее 20 мм, интенсивность изнашивания пальца упора увеличивалась. Таким образом работоспособность упора-ограничителя в эксплуатации не отвечает требованиям технических условий. Технологическим процессом ремонта замена упора-ограничителя с выкаткой тележки выполняется на текущем ремонте ТР – 600.



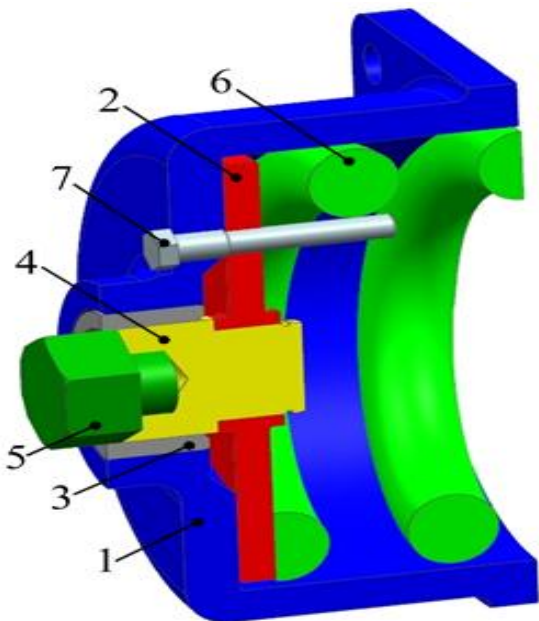
Упор-ограничитель после ремонта в объеме ТР-600



Износ пальца упора-ограничителя горизонтальных перемещений тележки и упорной плиты рамы кузова в эксплуатации

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КУЗОВНОГО РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ ЭЛЕКТРОВОЗОВ СЕРИИ 2ЭС6

Для повышения работоспособности узла разработана усовершенствованная конструкция упора-ограничителя горизонтальных перемещений тележки.



- 1 – стакан; 2 – основание; 3 – втулка;
4 – палец; 5 – съемный наконечник;
6 – пружина упора; 7 – фиксирующий винт

Разработанная конструкция позволяет регулировать зазор между пальцем и упорной плитой рамы кузова или заменять изношенную часть (съемный наконечник) пальца при проведении очередного текущего ремонта (ТР-30, ТР-300) при достижении пробега локомотивом 60 тыс. км без выкатки тележки, что обеспечивает поддержание нормативного зазора (20 мм) и способствует сохранению параметров регламентированной характеристики поперечной упругой связи между тележкой и рамой кузова на протяжении всего периода эксплуатации.

Упор-ограничитель горизонтальных перемещений
тележки

На разработанные конструктивные решения
получены два патента РФ на полезные модели.

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ЛОКОМОТИВОВ

Предложены новые конструкционные и технологические решения в кузовном подвешивании грузового магистрального электровоза 2ЭС6, применение которых в технологических процессах ремонта позволяет повышать динамические качества локомотива и эксплуатационную надежность конструкционных узлов упругой связи рамы тележки с кузовом, обеспечивая снижения интенсивности изнашивания и увеличения ресурса бандажей колесных пар.

В период эксплуатации локомотивов новых серий основными направлениями поддержки (управления) жизненного цикла являются совершенствование и оптимизация технологических процессов эксплуатации и ремонта, конструктивных решений основных деталей, узлов и сборочных единиц, определяющих их эксплуатационную надежность, на основе выполнения комплексных научно-технических исследований и разработки новых научно обоснованных технических и технологических решений.