

Конструкция электровоза с поворотной рамой



Александр ЗОЛКИН
Alexander L.ZOLKIN

Роман ФИСЮРЕНКО
Roman V.FISYURENKO



Золкин Александр Леонидович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург, Россия.

Фисюренко Роман Витальевич – студент УрГУПС, Екатеринбург, Россия.

Авторы рассматривают проблемы сокращения времени в пути и экономии электроэнергии при эксплуатации подвижного состава. Разработанная конструкция позволяет перемещаться электровозу на соседний путь и двигаться в обратном направлении по параллельному пути в пункт формирования. Это экономит время пребывания электровоза на трассе, количество электроэнергии, необходимой для движения до соседней станции и обратно, а также сводит к минимуму длительность перекрытия участка пути для проведения ремонтно-профилактических работ, поскольку после их завершения электровоз перемещается на соседний путь и участок становится открытым для движения.

Ключевые слова: электровоз, поворотная рама, автомотриса, новая конструкция, прочность, перемещение между путями.

Сокращение времени в пути и экономия электроэнергии – лишь часть задач, определяющих интерес к совершенствованию поворотной рамы электровозов. Однако и только их наличие не снижало бы актуальность предлагаемых технических решений, конструкционных инноваций, фигурирующих в журнальной публикации.

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Конструкция электровоза (рис. 1) на базе автомотрисы 1АДМ 1.3 имеет длину 13 м, ширину – 3,25 м, высоту под контактный провод – 5520 см. На крыше установлено два пантографа: один непосредственно над кабиной, другой – на поворотных полостях на перемещающейся платформе, ориентированный перпендикулярно контактному проводу [3].

Поворотная рама (рис. 2) расположена между рамой кузова и над рамными строениями. Выполнение ее предполагается из углеродистой стали. На раме расположены четыре опоры с выдвжными стержнями. Длина каждой 1,5 м, стержни выдвигаются еще на 1 м, что позволяет поднять электровоз над полотном пути

на 35–40 см максимум. Внутри рамы расположены каналы для электрокабелей, трубопровод тормозной магистрали и трубопровод для подачи воздуха на выдвижные опоры.

На самой раме по бокам от центра установлены зубцы, длина их полотна 1 м с каждой стороны рамы. Зубцы выдвигаются из рамы на 2 см и убираются посредством пневматического узла. Воздух закачивается в небольшой цилиндр, и он поднимает полотно с зубцами.

В центре рамы размещен комплект роликов, установленных вокруг оси поворота рамы, их всего 8. Они нужны для лучшего скольжения рамы электровоза и подрамной (механической) части – по поворотной раме. Такой же комплект роликов установлен на нижней плоскости поворотной рамы (под ней). Ролики посажены жестко, без дополнительного хода по каким-либо направлениям. Жесткая посадка увеличит устойчивость при повороте и скольжении по поворотной раме. Кроме того, по всей ее длине расположены пять пластин скольжения с каждой стороны для более мягкого передвижения электровоза. Размеры пластин: 30 см – длина, 15 см – ширина, 5 см – толщина.

Рама поворачивается шкворнем, проходящим через центр электровоза и присоединенным к поворотной раме посредством прямозубого сцепления. При повороте рамы шкворень опускается на нее, сцепляется с ней и поворачивает конструкцию строго на 90°. Он движется с помощью простого редуктора и электродвигателя, соединен цепной передачей с поворотным механизмом ползьями, на которых установлен дополнительный пантограф. После поворота рамы шкворень поднимается обратно, чтобы не препятствовать передвижению электровоза по самой раме. Полотно зубцов приподнимаются над рамой, и зубья входят в цепь, расположенную на корпусе электровоза, над поворотной рамой. Каждая цепь соединена с электродвигателем. После соединения зубьев и цепи включаются двигатели и начинают медленно вращать цепь в нужном направлении. По достижении необходимых расстояний они выключаются.

Включается компрессор и накачивает воздух в баллон напорной магистрали, затем он подается на выдвижные опоры

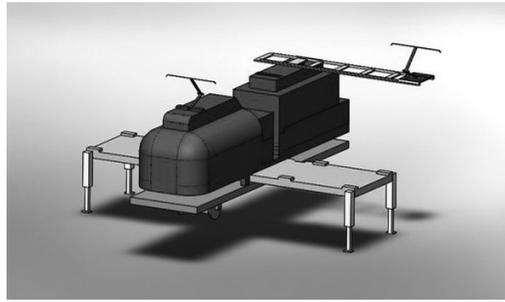


Рис. 1. Общий вид конструкции.

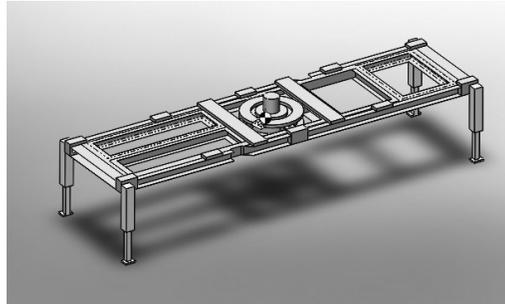


Рис. 2. Поворотная рама.

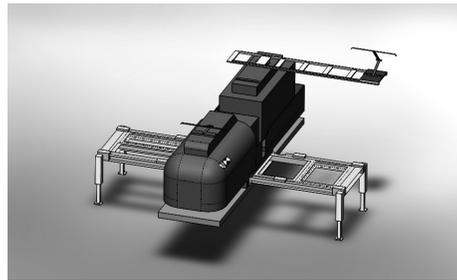


Рис. 3. Рабочее состояние локомотива.

на концах поворотной рамы, опоры опускаются вниз на 90°. В каждой из них есть выдвижной стержень с площадкой, призванной обеспечить большее соприкосновение с землей (рис. 3).

Как только опора опустилась, воздух поступает в цилиндр со стержнем и выдавливает его вниз на необходимое расстояние или до нижней точки хода поршня. При этом электровоз окажется над полотном пути на высоте до 50–60 см.

На следующей стадии включаются двигатели, тянущие цепь, и передвигают уже сам электровоз по поворотной раме до нужного расстояния (соседнего пути).

Для точной постановки электровоза над полотном пути можно использовать датчи-



Рис. 4. Эпюра напряжений на поворотную раму.



ки, либо требуется зрительно определять, когда колеса окажутся точно над рельсами, что менее эффективно. Поэтому лучше пользоваться датчиками.

Опускание электровоза осуществляется следующим образом (рис. 3 – поездное положение).

Воздух постепенно выпускается из подъемных опор, и стержень возвращается в исходное положение. Электровоз плавно опускается на путь и встает на рельсы.

После этого опоры поднимаются в исходное положение и становятся обратно в плоскость поворотной рамы. Опять включается цепная передача, и поворотная рама движется в свое начальное положение, то есть точно на середину электровоза. При достижении центра отключаются двигатели с цепью, полотно с зубцами опускаются в поворотную раму. Шкворень соединяется с ней же посредством электродвигателя, который поворачивает раму, и она встает под надрамные конструкции электровоза. Шкворень поднимается. Электровоз готов к передвижению по соседнему пути.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

При выезде на место происшествия на больших перегонах (10 км и более) электровоз будет незаменим. По окончании работ он перемещается на соседний путь и движется в сторону своего депо (депо формирования).

Преимущества:

- нет необходимости ехать до ближайшей станции и потом обратно по своему пути;

- экономится электроэнергия, так как электровоз не преодолевает расстояние

до ближайшей станции и не едет обратно N км, а перемещается на соседний путь и с этой точки возвращается на станцию формирования;

- в некоторых случаях принимаются решения по возврату электровоза по пути в противоположном направлении, при этом путь остается занятым, пока электровоз не приедет на станцию формирования – новая конструкция позволяет переместиться на соседний путь и ехать по нему обратно на свою станцию, оставляя линии свободными для прохода пассажирских и грузовых составов;

- за счет отмеченных факторов экономится электроэнергия, потребляемая электровозом, сокращается время его оборота от начала движения, устранения неисправности до возврата на станцию формирования;

- особенно электровоз будет полезен на перегонах от 15 до 30 км, поскольку на таких длинных расстояниях расход электроэнергии на полный оборот локомотива между станциями и оборот локомотива от точки неисправности и обратно будет наибольшим.

РАСЧЕТЫ ПОВОРОТНОЙ РАМЫ

Все операции выполнены с помощью программы Solid Works.

Основные характеристики:

Плотность – 7858 кг/куб. м.

Масса – 8800 кг.

Объем – 3,96 куб. м.

Площадь поверхности – 114,54 кв. м.

РАСЧЕТЫ ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ

1. Упрощенная схема

Раму представляем как пространственную систему, состоящую из стержней, оси



$$q = 2,2 + 120 \cdot \sum F_i =$$

$$= 2,2 + 120 \cdot 0,0516670 =$$

$$= 8,4 \text{ кН/м.} \quad (9)$$

3. Напряжение в опасном сечении от весовой нагрузки

Расчетная схема приводится к плоскому изгибу балки, жестко заделанной одним концом $X_k = 0,874 \text{ м}$.

$$M_y = R \cdot (X_{p1} + X_{p2}) - 0,5 \cdot l^2 \cdot q -$$

$$- 0,2 \cdot q \cdot b \cdot l - 0,25 \cdot P_k \cdot X_k =$$

$$= 32,16 \cdot (2,8 + 2,4) - 0,5 \cdot 3,5^2 \cdot 8,4 -$$

$$- 0,2 \cdot 8,4 \cdot 1,167 \cdot 3,5 - 0,25 \cdot 176,8 \cdot 0,874 =$$

$$= 65,59 \text{ кН/м.}$$

РАСЧЕТНЫЙ ИЗГИБАЮЩИЙ МОМЕНТ

Напряжения от весовой нагрузки боковины рамы:

$$G_{vi} = \frac{M_y}{W_{y1}} = \frac{123,48}{-0,021} \cdot 0,001 = -58,8 \text{ МПа,} \quad (11)$$

поскольку $1 \text{ Н/мм}^2 = 1 \text{ МПа}$.

Величина моментов в некоторых точках расчетной схемы:

$$M_{y1} = 0;$$

$$M_{y2} = M_{y3} = -0,2 \cdot q \cdot b \cdot (1 - X_{p2}) -$$

$$- 0,5 \cdot q \cdot (1 - X_{p2})^2 = -0,34003;$$

$$M_{y4} = M_{y5} = R \cdot (X_{p2} - X_{p1}) -$$

$$- 0,2 \cdot q \cdot b \cdot (1 - X_{p1}) - 0,5 \cdot q \cdot (1 - X_{p1})^2 =$$

$$= 11,0208;$$

$$M_{y6} = M_{y7} = -0,2 \cdot q \cdot b \cdot (1 - X_k) + \quad (12)$$

$$+ R \cdot (X_{p1} - X_k) + R \cdot (X_{p2} - X_k) = 18,54;$$

$$M_{y8} = M_y = 65,59$$

НАИБОЛЕЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ НАГРУЗОК

Возьмем одновременное действие различных нагрузок в их возможном сочетании и произведем алгебраическое суммирование напряжений для 6-й точки сечения. По величине максимального результирующего напряжения определяется запас прочности и делается заключение о пригодности рамы тележки к эксплуатации. Рама считается пригодной, если коэффициент запаса про-

чности не менее чем 1,28 и не более 2. Применительно к текучести металла:

$$1,28 < n_m < 2;$$

$$\sigma_{\max}^{\text{pez}} = 131,47 \text{ МПа;}$$

$$n_m = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\max}^{\text{pez}}} = \frac{700}{131,47} = 5,32, \quad (13)$$

где $\sigma_{\max} = 700 \text{ МПа}$ – предел текучести стали 1,4028 (X30Cr13).

Рама имеет завышенный запас прочности (5,32 вместо необходимых 2), увеличенный вес. Уменьшение параметров сечения боковины может привести к облегчению рамы и потере запаса усталостной прочности. В такой ситуации подойдет металл с минимальной текучестью от 162,5 до 450. Это обеспечит необходимые пределы коэффициента прочности и уменьшит стоимость и вес всей конструкции.

ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов расчета показывает, что при заданных нагрузках эквивалентные напряжения, возникающие в элементах конструкции рамы, не превосходят предела текучести применяемых материалов, то есть необходимая прочность обеспечивается.

2. Максимальные прогибы конструкции рамы, возникающие от внешних нагрузок, не превосходят допустимый предел – необходимая жесткость каркаса обеспечивается.

3. Уровень напряжений в значительной части конструкции рамы весьма низок. Это означает, что она сохраняет определенные резервы прочности и имеет предпосылки к уменьшению металлоемкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механическая часть тягового подвижного состава: Учебник / И. В. Бирюков, А. Н. Савоськин, Г. П. Бурчак и др. Под ред. И. В. Бирюкова. – М.: Транспорт, 1992. – 440 с.
2. Медель В. Б. Подвижной состав электрических железных дорог. Конструкция и динамика. – М.: Транспорт, 1974. – 232 с.
3. Rickard Persson. Tilting trains technology, benefits and motion sickness. By Rickard Persson //Royal Institute of Technology (KTH) Aeronautical and Vehicle Engineering Rail Vehicles. – Stockholm, 2008.
4. Цихалевский И. С. Развитие и автоматизация устройств для экипажировки электровозов //Сб. науч. трудов. – Вып. 68. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – С. 99–105.
5. Нафиков Г. М., Цихалевский И. С. Механическая часть электроподвижного состава (методическое руководство). – Екатеринбург: УрГУПС, 2005. – 36 с. ●