

PLM-СИСТЕМЫ, ИХ ИСТОРИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

В статье рассматриваются системы управления жизненным циклом изделия (PLM), их историческое развитие, которое началось с формирования баз данных и архивов, через объединение различных подсистем в системы управления данными об изделии (PDM) и далее к созданию комплексных PLM-систем в их нынешнем виде. Показываются, как функционируют PLM-системы в настоящее время и обсуждаются некоторые подходы организации рабочего пространства при моделировании производственных процессов. В заключение показан простой пример моделирования транспортирования на автоматизированном рабочем месте, который выполнен с использованием модуля Plant Simulation программной системы Tecnomatix, производимой фирмой Siemens PLM Software. Названная система и ее модули охватывают всю область PLM и управления данными в этой области.

Получено 17.09.2013

**ISSN 2227-1104. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 7. Гомель, 2013**

УДК 629.424.2

А. В. ХВЕСЮК, А. Л. ЛАЕВСКИЙ, В. Л. МОИСЕЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

МОДЕРНИЗАЦИЯ СЛУЖЕБНОЙ АВТОМОТРИСЫ АС-4

Рассматривается вариант модернизации автомотрисы служебной АС-4, который связан с заменой двигателя ЯМЗ-240Д на обладающий меньшей мощностью ЯМЗ-238-Б14. Выполнен анализ тяговых характеристик модернизированного транспортного средства и предложена конструкция устанавливаемых под двигатель резинометаллических амортизаторов с регулируемыми техническими характеристиками.

На предприятиях железнодорожного транспорта Республики Беларусь находит применение целый ряд пассажирских дрезин (АС-1А, АСГ, АГСР) и служебных автомотрис (АС-4), предназначенных для доставки монтеров пути и инструмента к месту работ механизированных комплексов, работающих по вахтенному методу, а также для поездов при комиссионных осмотрах пути и выполнении хозяйственных работ.

Автомотриса служебная АС-4 (рисунок 1) представляет собой двухосную самоходную единицу. Двухкабинный кузов автомотрисы приварен к раме, на которую установлены: силовая установка, ударно-тяговые приборы, ящики для аккумуляторной батареи и сварочного трансформатора, подвешены топливные баки [1]. Многие такие автомотрисы выработали свой срок по-

лезного использования. Для его продления машины проходят капитально-восстановительный ремонт с модернизацией узлов и механизмов.

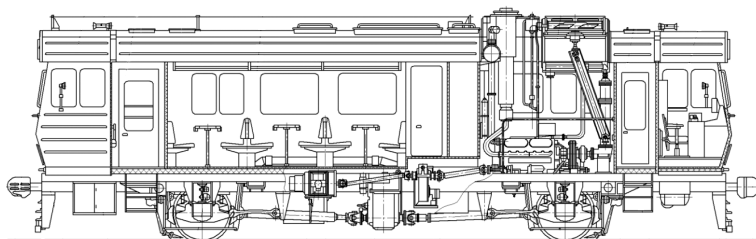


Рисунок 1 – Автомотриса служебная АС-4

Одним из путей достижения более эффективного использования мощности двигателя и экономии топливно-энергетических ресурсов в целом является замена двигателя ЯМЗ-240Д на ЯМЗ-238-Б14, который используется на погрузочно-транспортном мотовозе МПТ-6. Названные двигатели практически идентичны по своим габаритным размерам, поэтому нет необходимости в изменении конструкций рамы автомотрисы, а также крепёжных элементов. Двигатель соединяется с трансмиссией с мотовоза МПТ-6 посредством карданной передачи, причём кардан крепится непосредственно к фланцу маховика двигателя и находится в свободном подвесе, что также упрощает процесс замены двигателя, тем самым сокращая перечень вновь разрабатываемых деталей.

Целью представленной работы является анализ тяговых характеристик модернизированного транспортного средства и разработка технического решения, которое позволяет снизить вибрации, создаваемые новым двигателем. Исходные данные для расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики автомотрисы

Показатель	Значение	
	до модернизации	после модернизации
Тип силового агрегата	Дизель ЯМЗ-240Д	Дизель ЯМЗ-238Б-14
Мощность силовой установки, кВт	235	220
Удельный расход топлива, г/кВт·ч	216	208
Гидропередача	ГП-320	ГП-300
Мощность, передаваемая		
– на колесную пару 1	171,26	163,76
– на колесную пару 2	171,26	167,61
Годовая наработка машины, ч	1300	1300

Снижение мощности силовой установки требует выполнения анализа для оценки тяговых возможностей машины с точки зрения обеспечения движения с заданной скоростью или начала движения. При этом принимается во

внимание, что машина может передвигаться как в рабочем режиме, выполняя технологические операции, так и в транспортном режиме [2].

В рассматриваемом случае автомотриса АС-4 передвигается самостоятельно. Чтобы обеспечить движение машины, необходимо выполнить условие [3, с. 99]:

$$F_k \geq K_3 \left(\sum_{i=1}^N W_{zi} + \sum_{j=1}^M W_{pj} \right),$$

где F_k – касательная сила тяги (сила тяги, развиваемая в контактах ведущих колесных пар и рельсов), Н; K_3 – коэффициент запаса, характеризующий избыточность силы тяги на неучтенные сопротивления ($K_3 = 1,15 \dots 1,2$); W_{zi} – сопротивление движению экипажа i -й машины, Н; W_{pj} – сила сопротивления, связанная с работой j -го рабочего органа, Н.

Машина или комплекс сцепленных друг с другом подвижных единиц представляют собой замкнутую систему, которая может изменять состояние

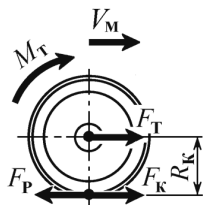


Рисунок 2 – Силы, действующие на колесо в тяговом режиме

покоя или движения только под действием внешней силы. Рассмотрим взаимодействие колесной пары и поверхности рельса, показанное на рисунке 2.

При движении в тяговом режиме со стороны привода на колесную пару передается крутящий момент M_T , величина которого зависит от характеристик двигателя и передачи. Он образуется парой активных сил $F_T = F_P$, действующих на плече R_K . Силу F_P считаем приложенной к точке контакта колеса и рельса, а другую F_T – по центру буксы. В точке контакта со стороны рельса действует реакция F_K , численно равная F_P . Таким образом, через буксу на раму тележки передается неуравновешенная сила F_T , приводящая машину в движение. Величина развиваемого момента M_T зависит от мощности приводного двигателя N_d , кВт, КПД силовой тяговой передачи η и скорости движения v_m , м/с.

Максимальная сила тяги, развиваемая при движении с заданной скоростью:

$$F_T = \frac{N_d \eta}{v_m} = \frac{220 \cdot 10^3 \cdot 0,9}{19,4} = 10206 \text{ Н},$$

где N_d – мощность приводного двигателя, $N_d = 220$ кВт; η – КПД силовой тяговой передачи, $\eta = 0,9$; v_m – скорость движения, $v_m = 19,4$ м/с.

С другой стороны, сила F_k ограничена сцеплением в контакте колеса и рельса:

$$F_T \leq F_{kc}^{\max} = \psi G_{цп}, \quad (1)$$

где ψ – коэффициент сцепления в контакте колеса и рельса; $G_{\text{сц}}$ – сцепной вес тягового средства, или вес, передаваемый на ведущие колесные пары, $G_{\text{сц}} = 392$ кН; $F_{\text{кc}}^{\text{max}}$ – максимально возможная по условиям сцепления касательная сила тяги, Н.

Коэффициент сцепления определяется по формуле [3, с. 100]:

$$\psi = 0,25 + \frac{8}{100 + 20v_{\text{м}}} = 0,25 + \frac{8}{100 + 20 \cdot 70} = 0,255,$$

где $v_{\text{м}}$ – скорость движения, км/ч.

$$F_{\text{кc}}^{\text{max}} = 0,255 \cdot 392 \cdot 10^3 = 99600 \text{ Н.}$$

Условие (1) выполняется: $10206 \text{ Н} < 99600 \text{ Н}$, то есть сцепление в контакте колеса и рельса не переходит в скольжение.

С целью анализа транспортного режима рассмотрим движение автомотрисы с двумя вагонами. Сопротивление при движении с заданной скоростью складывается из основного и дополнительных сопротивлений [3, с. 101]:

$$W_{\text{общ}} = W_1' + W_2 + W_3,$$

где W_1' – сила сопротивления движению, связанная с трением в ходовых частях и движением по неровностям пути; W_2 – сила дополнительного сопротивления, связанная с преодолением уклона (движением на подъеме); W_3 – сила дополнительного сопротивления, связанная с движением машины в кривой.

Основное сопротивление движению экипажа машины или комплекса:

$$W_1 = \sum_{i=1}^N w_{1i} \cdot m_i,$$

где w_{1i} – основное удельное сопротивление движению i -й подвижной единицы комплекса, зависящее от конструкции ходовой части; m_i – масса i -й подвижной единицы комплекса, $m_{\text{ам}} = 40$ т, $m_1 = 80$ т и $m_2 = 80$ т.

Значения основного удельного сопротивления движению определяются по формулам:

– для автомотрисы

$$w_1 = 1,9 + 0,01v_{\text{м}} + 0,0003v_{\text{м}}^2 = \left(1,9 + 0,01 \cdot 70 + 0,0003 \cdot 70^2\right) \cdot 9,8 = 39,8 \text{ Н/т;}$$

– для четырехосного вагона

$$\begin{aligned} w_{11} &= 0,7 + \frac{8 + 0,18v_{\text{м}} + 0,003v_{\text{м}}^2}{q_0} \cdot 9,8 = \\ &= 0,7 + \frac{8 + 0,18 \cdot 70 + 0,003 \cdot 70^2}{20} \cdot 9,8 = 27,4 \text{ Н/т,} \end{aligned}$$

где q_0 – масса, приходящаяся на ось колёсной пары. Так как масса вагона 80 т, то $q_0 = 80/4 = 20$ т.

Тогда сила основного сопротивления движению

$$W_1 = 39,8 \cdot 40 + 2(27,4 \cdot 80) = 5976 \text{ Н.}$$

Низкие температуры наружного воздуха приводят к увеличению трения осевых шеек в подшипниках при загустении смазки в буксах. Другое же следствие низких температур – повышение плотности воздуха и соответствующее увеличение воздушного сопротивления подвижного состава. Учет дополнительных сопротивлений осуществляется с помощью коэффициента $K_{нт}$, который зависит от скорости движения поезда. В Республике Беларусь температура зимой редко опускается ниже -30° , поэтому для выбранной скорости движения 70 км/ч дополнительное сопротивление от низкой температуры воздуха принимают 0,06 от основного. Отсюда

$$W_1' = W_1 \cdot K_{нт} = 5976 \cdot 1,06 = 6334 \text{ Н.}$$

Дополнительное удельное сопротивление w_2 от уклона i (подъёма или спуска) для всех видов подвижного состава принимаем численно равным максимально допустимому уклону 12 ‰, поэтому

$$w_2 = 12 \text{ Н/т.}$$

Соответственно для автомотрисы и двух вагонов

$$W_2 = 12 \cdot 40 + 2 \cdot (12 \cdot 80) = 2400 \text{ Н.}$$

Дополнительное удельное сопротивление движения от кривой на эксплуатируемых железных дорогах для всех видов подвижного состава при длине поезда меньшей длины кривой определяется по формуле:

$$w_3 = \frac{700}{R} \cdot 9,8 = \frac{700}{1200} \cdot 9,8 = 5,7 \text{ Н/т,}$$

где R – радиус дуги кривой (здесь принято $R=1200$ м).

Таким образом, для рассматриваемого состава:

$$W_3 = 5,7 \cdot 40 + 2 \cdot (5,7 \cdot 80) = 1140 \text{ Н.}$$

Следовательно, полное сопротивление

$$W_{\text{общ}} = 6334 + 2400 + 1140 = 9874 \text{ Н.}$$

Таким образом, условие движения с заданной скоростью $F_T \geq W_{\text{общ}}$ выполняется ($10206 \text{ Н} > 9874 \text{ Н}$).

Расчеты, выполненные в работе [4], показали, что автомотриса АС-4 имеет частоты собственных колебаний, которые пропорциональны некоторым частотам колебаний, создаваемых двигателем ЯМЗ-238. Поэтому разработана специальная подушка, которая позволит эффективно поглощать вибрации

двигателя, что, в свою очередь, приведёт к более комфортному транспортированию бригадного состава путевых рабочих к месту проведения работ.

Типовая конструкция не позволяет изменять технические характеристики резинометаллических опор, например величину проседания и частоту собственных колебаний. Авторами работы разработана конструкция резинометаллических амортизаторов с регулируемыми техническими характеристиками. Результат достигается путем изменения положения осей вращения относительно резинометаллических элементов амортизатора.

Предлагаемая конструкция содержит два установленных под углом один к другому резинометаллических элемента 1, шарнирно прикрепленных при помощи осей 2 на кронштейнах 3, которые установлены на основании 5 (рисунок 3). Силы P действуют со стороны двигателя на опору 4,

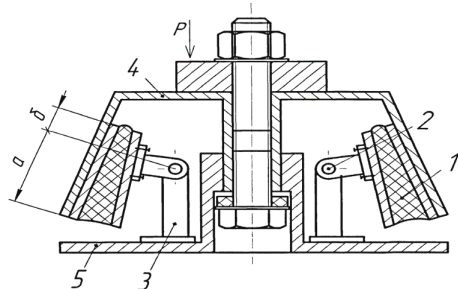


Рисунок 3 – Резинометаллическая опора

которая, перемещаясь вниз, поворачивает резинометаллические элементы 1 вокруг осей вращения 2. В результате часть каждого из двух резинометаллических элементов 1 в зоне «а» подвергается деформации растяжения и сдвига относительно оси вращения 2. Одновременно вторая часть каждого из двух резинометаллических элементов 1 в зоне «б» подвергается деформации сжатия и сдвига относительно оси вращения 2. Величина деформации частей «а» и «б» каждого из резинометаллических элементов 1 увеличивается прямо пропорционально их расстоянию от оси вращения 2 (см. рисунок 3).

Для изменения технических характеристик амортизатора меняют положение осей вращения 2 относительно резинометаллических элементов 1. Например, для увеличения просадки опоры 4 и уменьшения частоты собственных колебаний по сравнению с существующим амортизатором достаточно переместить ось вращения 2, уменьшив размер зоны «б» и увеличив размер зоны «а». Таким образом, можно осуществить прецизионную регулировку параметров в достаточно широком диапазоне их значений.

Выполненные технико-экономические расчеты показали, что замена силового агрегата может привести к годовой экономии топлива на 3280 л и смазочных материалов – на 660 л. Эффективность использования мощности двигателя

$$\varepsilon_p = \left(1 - \frac{P_{дв} - P_{кп}}{P_{дв}} \right) \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где $P_{\text{дв}}$ – мощность двигателя (см. таблицу 1); $P_{\text{кп}}$ – мощность, передаваемая на колесную пару, составляет:

– до модернизации:

$$\mathcal{E}_p = \left(1 - \frac{235 - 220}{235} \right) \cdot 100 \% = 72,7 \%,$$

– после модернизации:

$$\mathcal{E}_p = \left(1 - \frac{220 - 165,68}{220} \right) \cdot 100 \% = 75,5 \%,$$

то есть замена двигателя в комплексе с установкой трансмиссии с мотовоза МПТ-6 позволяет увеличить эффективность использования мощности двигателя на 2,8 %.

Таким образом, приведенный в работе материал показывает, что модернизация автомотрисы служебной АС-4 путем перестановки двигателя с погрузочно-транспортного мотовоза МПТ-6 приводит к повышению тяговых характеристик машины, а также к снижению энергоемкости и энергопотребления автомотрисы АС-4. Предложенная конструкция устройства для виброзащиты автомотрисы дает возможность отстройки конкретных частот вынуждающих сил и снижения амплитуд вынужденных колебаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Теория и конструкция локомотивов** / Г. С. Михальченко [и др.]. – М.: Маршрут, 2006. – 523 с.
- 2 **Моисеенко, В. Л.** Путевые машины и механизмы / В. Л. Моисеенко. – Гомель: БелГУТ, 2011. – 36 с.
- 3 **Путевые машины** / М. В. Попович [и др.]; под ред. М. В. Поповича, В. М. Бугаенко. – М.: Желдориздат, 2007. – 756 с.
- 4 **Михеев, Г. В.** Компьютерное моделирование динамики систем абсолютно твердых и упругих тел, подверженных малым деформациям: дис. ... канд. техн. наук: 01.02.06 / Г. В. Михеев; Брянский государственный технический университет. – Брянск, 2004. – 155 с.

A. V. HVESYUK, A. L. LAEVSKIY, V. L. MOISEENKO

MODERNIZATION OF SERVICE RAILCAR AC-4

A variant of modernization for service railcar AC-4 is considered. It is associated with the YAMZ-240D engine replacement for YAMZ-238-B14 which has less power. The traction characteristics analysis of the improved vehicle was performed. It was suggested the rubber shock absorbers construction with adjustable parameters for the engine.

Получено 10.10.2013