

A. P. Serdukov, A. G. Sevidov, S. D. Yarotski. Reasons of lateral wear of point works, elements of and measure of his decreasing.

The problem of decrease (reduction) of intensity of rail's deterioration of and elements pointer translers is considered at the expense of introduction traveling stationary rail-lubrication on the Gomel branch of the Byelorussian railway. The purpose of introduction lubrication is the achievement of stable regular level of specific deterioration, at which the running of locomotive wheels before repair (service life) is considerably increased, and lateral deterioration of rails excludes necessity of their off- schedule replacement up to achievement of the normative missed tonnage, first of all in curve small radius. The experimental data proving are given that the application rail-lubrication in curve sites of a way allows to lower(decrease) intensity of deterioration and to increase periodicity of replacement of rails in 1,5–1,7 times, and also efficiency and expediency of installation rail-lubrication on pointer streets of stations with various operational parameters Thus, the introduction lubrication allows to increase periodicity between change of rails and besides, it is effective and rationally to use scarce materials of the top structure of a way, to lower the charges on the current contents of a way and on overhaul.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2007. № 1–2(14–15)

УДК 629.463.62

И. А. ВОРОЖУН, ассистент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРЕПЛЕНИЯ ТРУБ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПЛАТФОРМЕ*

Рассмотрена схема размещения и крепления в два яруса четырех труб большого диаметра на железнодорожной платформе, в которой продольное смещение труб относительно платформы ограничивается упругими свойствами стальных канатов. Методом математического моделирования исследовано влияние сил трения и жесткости канатов крепления на поведение динамической системы “платформа – трубы” при разных скоростях соударения вагонов. Установлено, что увеличение коэффициента трения между трубами и опорами устройства в сочетании с увеличением жесткости канатов крепления приводит к увеличению динамических воздействий на платформу и вагоны в процессе их соударения. Выполненные расчеты показали, что чем меньше жесткость канатов, тем в большей степени сказывается ее влияние на смещение труб относительно платформы, а также силы в канатах крепления при соударении вагонов. Чем больше жесткость канатов крепления, тем в меньшей мере сказывается влияние сил трения на смещение труб относительно платформы в процессе соударения вагонов.

В настоящее время на всех видах транспорта большое внимание уделяется качеству перевозок. Конкурентоспособность железнодорожного транспорта может быть достигнута путем снижения затрат на транспортировку грузов при обеспечении их полной сохранности.

Многочисленные исследования показывают, что основной причиной, приводящей к разрушению и повреждению как перевозимых грузов, так и самих вагонов, является нарушение режимов эксплуатации подвижного состава при сортировочной работе. Анализ результатов исследований ускорений и перемещений грузов показал [1], что при абсолютно жесткой связи груза с вагоном инерционное воздействие на груз больше по сравнению с подвижной связью. Эти же выводы нашли подтверждение в работах ряда авторов, отмечающих высокую эффективность применения амортизаторов удара при креплении груза на вагонах, особенно использование крепёжных устройств, обладающих способностью обеспечивать грузу при ударе возможность перемещения относительно вагона на достаточно большое расстояние [2, 3]. Одним из возможных путей решения этой задачи авторы отмечают применение в конструкции вагона подвижной хребтовой балки. Достаточный опыт использования такого технического решения накоплен в зарубежных странах. В связи с большими объемами перевозок труб для газопроводов в США, например, начинают применять

платформы с упругими торцевыми стенками и стойками на продольных брусках [4]. При соударениях вагонов трубы могут сдвигаться вдоль платформы, а упругие стенки воспринимают эти воздействия. Однако различие в параметрах как самих вагонов, так и поглощающих аппаратов междувагонных связей не позволяет перенести результаты зарубежных исследований на используемые в нашей стране технические средства.

Действующие технические условия [5] предусматривают крепление грузов на подвижном составе с использованием в основном проволочных растяжек и обвязок, а также деревянных клиньев, упорных и распорных брусков, прибываемых к полу платформы. Значительная часть исследований направлена по пути совершенствования методики расчёта креплений такого рода.

В работе [6], посвящённой расчету устойчивости и крепления грузов, перевозимых на открытом подвижном составе, рассмотрены вопросы крепления многорядных штабельных грузов и расчёта инвентарных растяжек. Автор отмечает, что в существующей методике расчета крепления грузов на открытом подвижном составе изложен порядок расчета креплений только единичных цилиндрических грузов, а методы расчета элементов креплений, удерживающих от продольного выскальзывания подвижных единиц цилиндрических грузов в штабеле относительно неподвижных, отсутствуют.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект T01M-008)

Литературные источники, посвященные вопросам размещения и крепления грузов на подвижном составе, свидетельствуют о том, что при всем многообразии способов крепления грузов на вагонах действующие методы расчета не учитывают реальные факторы, оказывающие влияние на крепление транспортируемых грузов. Возможные пути решения задачи по динамической нагруженности кузова полувагона при перевозке труб отражены в работе [7]. Как отмечает автор, решение рассматриваемой задачи осложняется тем, что при движении вагона, загруженного трубами, последние испытывают колебания в вертикальной плоскости и передают динамические нагрузки на элементы кузова вагона.

Обзор литературы показал, что в отличие от установленного в [5] способа размещения и крепления трех стальных труб диаметром 1420 мм с полиэтиленовым покрытием на четырехосной железнодорожной платформе, авторами ряда работ предложены устройства для размещения и крепления на платформе четырех и даже пяти труб указанного диаметра как с полиэтиленовым покрытием, так и без него. Так, в работе [8] предложено устройство для размещения на платформе четырех труб диаметром 1420 мм с полиэтиленовым покрытием. Для крепления труб к платформе применены стальные канаты, обеспечивающие смягчение действия инерционной нагрузки за счет их упругой деформации и последующее возвращение труб в исходное положение. Проведенные в соответствии с требованиями главы 1 технических условий [5] натурные испытания трех платформ, загруженных трубами, подтвердили правильность выбранного конструктивного решения.

Исходя из этого, а также учитывая, что перевозка труб диаметром 1420 мм для магистральных нефтепроводов относится к массовым перевозкам, можно отметить необходимость разработки многооборотных устройств для крепления указанных труб на железнодорожной платформе. Важность и актуальность данной задачи объясняется тем, что применение таких устройств позволит использовать грузоподъемность платформ более полно и даже превысить использование грузоподъемности полувагонов за счет размещения пяти труб диаметром 1420 мм вместо четырех, а надежность крепления труб на платформе обеспечивает их сохранность, безопасность движения поездов и повышает качество оказываемых услуг.

Целью работы является установление влияния сил сухого трения между поверхностями труб и опор устройства, а также сил упругости канатов крепления на поведение динамической системы «платформа – трубы» при разных скоростях соударения вагонов. Для проведения исследований воспользуемся схемой размещения и крепления четырех труб на железнодорожной платформе, представленной на рисунке 1. На схеме нижний и верхний ярусы труб условно установлены на опоры, которые позволяют смещаться трубам относительно платформы только в продольном направлении. Каждый ярус содержит две трубы.

Оси канатов продольного крепления труб верхнего яруса наклонены под углом α к полу платформы, а нижнего яруса – горизонтальны. Возвращение платформы и труб в исходное положение осуществляется за счет упругих свойств элементов междувагонных связей и канатов продольного крепления труб.

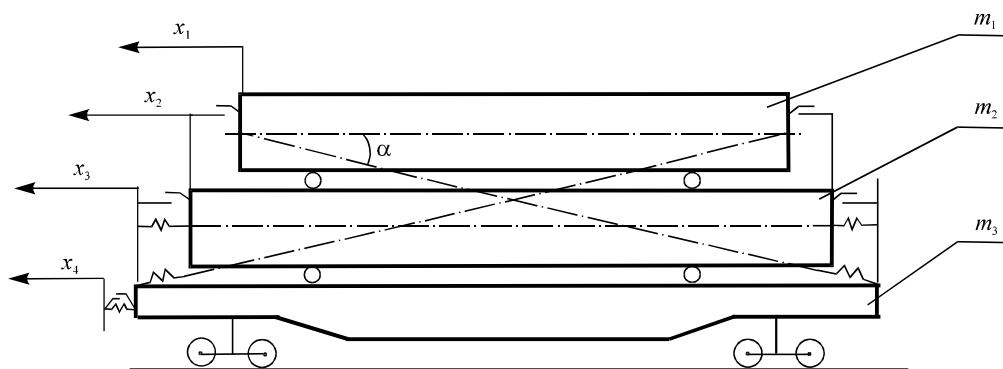


Рисунок 1 – Расчетная схема взаимодействия платформы и труб при соударении вагонов

При рассмотрении процесса соударения платформы, загруженной трубами, с группой из трех заторможенных четырехосных полувагонов целесообразно ввести следующие основные предположения и допущения:

– вагоны, платформа с тележками и трубы считаются абсолютно твердыми телами;

– движение рассматривается на прямом горизонтальном участке пути;

– трубы размещены на платформе симметрично относительно ее продольной и поперечной плоскостей симметрии;

– упругие элементы устройства крепления труб на платформе имеют линейные характеристики;

– откат платформы после соударения ограничивается автосцепными устройствами;

– массы вагонов, платформы и труб сосредоточены в их центрах масс;

– начало отсчёта каждой из координат x_i , определяющих положение элементов системы, соответствует моменту соприкосновения платформы с вагоном стенки;

– вертикальными, а также угловыми перемещениями вагонов, платформы и труб пренебрегаем;

– зазоры в междувагонных связях отсутствуют.

При исследовании движение всех масс будем рассматривать в продольной вертикальной плоскости. Помимо принятых основных допущений полагаем, что изменением угла α наклона канатов при перемещениях труб верхнего яруса и силами предварительного натяжения канатов, созданного в процессе погрузки, можно пренебречь.

Обозначим продольные горизонтальные перемещения труб верхнего и нижнего ярусов, платформы и трех вагонов координатами x_1, \dots, x_6 соответственно. Таким образом, система с учетом принятых допущений имеет шесть независимых координат. Применим способ Германа – Даламбера и запишем систему дифференциальных уравнений, отражающих движение труб верхнего и нижнего ярусов, платформы и трех вагонов в процессе соударения [9]:

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + T_1 \cos \alpha + F_1 \operatorname{sgn}(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) &= 0; \\ m_2 \ddot{x}_2 + T_2 - F_1 \operatorname{sgn}(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + F_2 \operatorname{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) &= 0; \\ m_3 \ddot{x}_3 + T_1 \cos \alpha - T_2 - F_2 \operatorname{sgn}(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + R_1 &= 0; \\ m_4 \ddot{x}_4 - R_1 + R_2 &= 0; \\ m_5 \ddot{x}_5 - R_2 + R_3 &= 0; \\ m_6 \ddot{x}_6 - R_3 + R_4 &= 0, \end{aligned} \right\} (1)$$

где m_1, \dots, m_6 – массы соответственно труб верхнего и нижнего ярусов, платформы, трех вагонов; T_1, T_2 – силы в канатах крепления труб верхнего и нижнего ярусов; F_1, F_2 – силы сухого трения труб верхнего и нижнего ярусов по поверхностям вкладышей опор крепления; sgn – знак «+» или «-»; R_1, \dots, R_4 – силы в междувагонных связях.

$$T_1 = c_1 (x_1 - x_3); \quad T_2 = c_2 (x_2 - x_3),$$

где c_1, c_2 – коэффициенты жесткости канатов продольного крепления к платформе верхнего и нижнего ярусов труб.

$$F_1 = f_1 (m_1 g + T_1 \sin \alpha); \quad F_2 = f_2 [(m_1 + m_2)g + T_1 \sin \alpha],$$

где f_1, f_2 – коэффициенты трения между поверхностями вкладышей опор крепления и труб верхнего и нижнего ярусов; g – ускорение свободного падения.

Силы в междувагонных связях с пружинно-фрикционными поглощающими аппаратами при перемещениях вагонов, не превышающих ход поглощающих аппаратов, представим в виде [10]

$$R_1 = c(x_3 - x_4)[1 + \mu \operatorname{sgn}(\dot{x}_3 - \dot{x}_4)];$$

$$R_2 = c(x_4 - x_5)[1 + \mu \operatorname{sgn}(\dot{x}_4 - \dot{x}_5)];$$

$$R_3 = c(x_5 - x_6)[1 + \mu \operatorname{sgn}(\dot{x}_5 - \dot{x}_6)];$$

$$R_4 = cx_6[1 + \mu \operatorname{sgn} \dot{x}_6],$$

где c – коэффициент жесткости упругих элементов междувагонных связей; μ – коэффициент трения в элементах междувагонных связей.

Численное интегрирование системы дифференциальных уравнений (1) проводилось для диапазона скоростей соударения вагонов 0,5–3 м/с при следующих исходных данных: $m_1 = m_2 = 13600$ кг; $m_3 = 21000$ кг; $m_4 = m_5 = m_6 = 84000$ кг; $g = 9,8$ м/с²; $c = 9 \cdot 10^6$ Н/м; $\alpha = 7^\circ$; $\mu = 0,25$.

При этом значения коэффициентов жесткости c_1, c_2 принимались одинаковыми и варьировались в пределах 0,5–5 МН/м; значения коэффициентов трения f_1, f_2 также принимались одинаковыми и варьировались в пределах 0,2–0,6.

На данном этапе проводилось исследование влияния коэффициента сухого трения труб по опорам устройства и жесткости канатов продольного крепления труб на поведение механической системы “платформа – трубы” при разных скоростях соударения вагонов.

Расчеты проводились в среде MathCAD 2001 Professional. Результаты расчетов представлены в виде графиков на рисунках 2, 3 для скорости соударения вагонов 2,5 м/с.

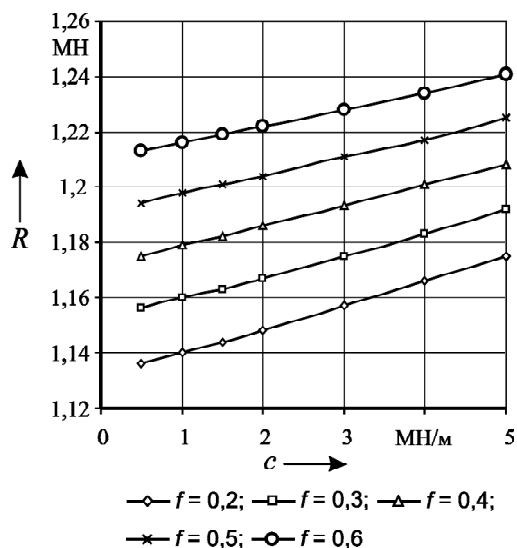


Рисунок 2 – Силы в автосцепке платформы при скорости соударения 2,5 м/с

Как показывают расчеты (см. рисунок 2), увеличение сил сухого трения между поверхностями труб и вкладышей опор в сочетании с увеличением жесткости канатов продольного крепления труб приводит к увеличению динамических воздействий на платформу и вагоны в процессе их соударения, что вполне согласуется с результатами исследований [1].

Из графиков (рисунок 3) следует, что чем меньше коэффициент жесткости канатов, тем в большей мере сказывается его влияние на величину сил в канатах крепления при соударении вагонов. Поскольку силы в канатах крепления пропорциональны смещению труб, то чем больше коэффициент жесткости канатов, тем в меньшей мере сказывается влияние сил трения на смещение труб в процессе соударения вагонов.

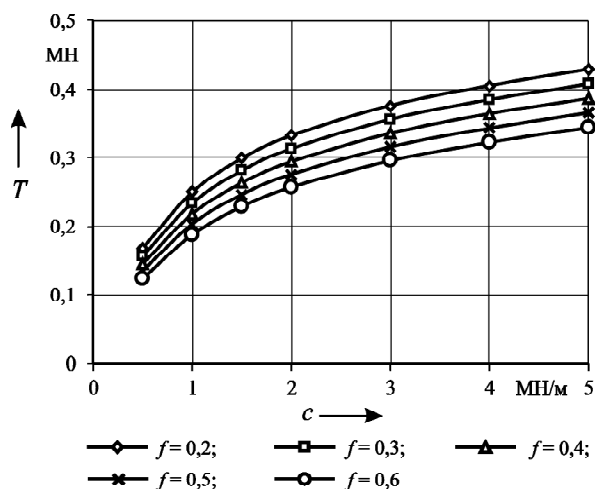


Рисунок 3 – Значения сил в канатах продольного крепления труб при скорости соударения 2,5 м/с

Следует отметить, что повышение коэффициента сухого трения между поверхностями труб и вкладышей опор позволяет уменьшить силы, действующие на канаты продольного крепления труб. Следовательно, для крепления труб в продольном направлении можно будет применить канаты с меньшим разрывным усилием, т. е. меньшего диаметра и с меньшей массой.

Таким образом, предложенная математическая модель позволяет подобрать материал вкладышей опор на стадии проектирования устройства для размещения и крепления труб на железнодорожной платформе и более рационально подойти к

выбору жесткости канатов продольного крепления труб.

Полученные результаты могут служить основой для дальнейших исследований.

Список литературы

- 1 Малов, А. Д. Исследование ускорений и перемещений грузов в вагонах / А. Д. Малов // Вестник ВНИИЖТ. – 1979. – № 4. – С. 50–55.
- 2 Бородулин, В. И. К вопросу использования упругих элементов для крепления груза и методики расчета характеристик гасителя колебаний / В. И. Бородулин, Н. И. Аносов // Вестник инженеров-электромехаников железнодорожного транспорта. – Самара, 2003. – № 1. – С. 230–232.
- 3 Бондаренко, А. Н. Моделирование взаимных продольных перемещений ярусов штабельных грузов с учетом сил трения / А. Н. Бондаренко [и др.] // Механика и трибология транспортных систем – 2003 : материалы докл. междунар. конгр. – Ростов н/Д, 2003. – С. 126–130.
- 4 Соколов, М. М. Зарубежные вагоны. Особенности конструкции, теории и расчета / М. М. Соколов, Ю. П. Бороненко, А. А. Эстлинг. – Ленинград, 1988. – 60 с.
- 5 Технические условия погрузки и крепления грузов. – М. : Транспорт, 1990. – 408 с.
- 6 Егоров, С. А. Расчет элементов крепления штабельных грузов, размещаемых ярусами по высоте / С. А. Егоров // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог. – Новосибирск, 2000. – С. 85–102.
- 7 Прибылов, А. Ф. Основы динамического расчета кузова полувагона при перевозке труб : [монография] / А. Ф. Прибылов; Курский, гос. пед. ун-т. – Курск, 2002. – 82 с.
- 8 Устройство для крепления труб на транспортном средстве : а. с. 1296454 СССР, МКИ В 60 Р 7/12 / В. М. Горский, А. В. Заворотный, В. А. Иванов, В. А. Трусов, Ю. Д. Хорош, В. Ф. Антонов ; Белорус. ин-т инженеров ж.-д. трансп. – № 3959723 ; заявл. 17.09.85 ; опубл. 15.03.87 // Бюл. № 10. – 3 с. : ил.
- 9 Вершинский, С. В. Динамика вагонов / С. В. Вершинский, В. Н. Данилов, В. Д. Хусидов ; под ред. С. В. Вершинского. – М. : Транспорт, 1991. – 360 с.
- 10 Грузоведение, сохранность и крепление грузов / А. А. Смехов [и др.] ; под ред. А. А. Смехова. – М. : Транспорт, 1987. – 239 с.

Получено 16.10.2006

I. A. Vorobjun. Choice of rational parameters of fastening of pipes on a railway platform.

The circuit of accommodation and fastening in two circles of four pipes of the big diameter on a railway platform is considered. In the submitted circuit longitudinal displacement of pipes concerning a platform is limited to elastic properties of steel ropes. The method of mathematical modelling investigates influence of forces of friction and rigidity of ropes of fastening on behaviour of dynamic system “a platform – pipes” at different speeds of impact of coaches. It is established, that the increase in factor of friction of pipes on support of the device in a combination to increase in rigidity of ropes of fastening attracts increase in dynamic influences at a platform and at cars during their impact. The executed calculations show, that the rigidity of ropes less, the in the greater degree its influence on displacement of pipes concerning a platform, and also forces in ropes of fastening affects at impact of coaches. The more rigidity of ropes of fastening, the in a smaller measure affects influence of forces of friction on displacement of pipes concerning a platform during impact of coaches.