

9 Организация железнодорожных пассажирских перевозок / А. А. Авдовский [и др.] ; под ред. В. А. Кудрявцева. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2008. – 256 с.

10 *Иловайский, Н. Д.* Сервис на транспорте (железнодорожном) : учеб. для студентов вузов ж.-д. трансп. / Н. Д. Иловайский, А. Н. Киселев. – М. : Маршрут, 2003. – 585 с.

11 *Киселев, А. Н.* Интермодальные системы в пригородных пассажирских перевозках / А. Н. Киселев, Е. В. Копылова // Железнодорожный транспорт. – 2003. – № 10. – С. 65–67.

12 *Каликина, Т. Н.* Пассажирские перевозки на ж.-д. транспорте : курс лекций / Т. Н. Каликина. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2007. – 136 с.

13 *Серин, С. А.* Управление качеством транспортной продукции : учеб. пособие / С. А. Серин. – М. : РГОТУПС, 2007. – 80 с.

*T. A. VLASIUK, L. A. GONCHAROVA, ZEN XIANFEN*

### **APPLICATION OF QUALIMETRIC METHODS FOR ASSESSING THE QUALITY OF PASSENGER TRANSPORTATION IN REGIONAL SERVICES ON DIFFERENT TYPES OF TRANSPORT**

The basic qualimetric methods are considered which allow to translate a qualitative estimation of given service by transportation of passengers in quantitative positions under his various characteristics (functional, technological, cost etc.).

Получено: 16.10.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 656.225:004.942

*М. Г. ГЕГЕДЕШ, С. А. ПЕТРАЧКОВ, Е. Н. ПОТЫЛКИН*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
gkrt@inbox.ru*

### **ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПЛЕНИЯ ГРУЗОВ НА ИХ ДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ**

Рассмотрены вопросы влияния деформируемости элементов крепления грузов на их поведение в процессе перевозки железнодорожным транспортом. Определены общие принципиальные особенности деформации растяжек в процессе транспортировки груза. Результаты исследования могут быть использованы при разработке схем размещения и крепления грузов в вагонах.

Наиболее часто используемыми средствами крепления груза в продольном и поперечном направлениях являются деревянные бруски и металлическая проволока. Исследовано растяжение проволочных растяжек, используемых

для закрепления тяговых генераторов ТД-802, размещенных на универсальной платформе. Схема размещения и крепления указанного груза массой 5,1 т в вагоне представлена на рисунке 1, где приведены следующие обозначения: 1 – растяжка из проволоки; 2 – гвозди К6×150 мм; 3 – деревянный брусок сечением 100×100 мм; 4 – деревянный брусок сечением 100×100 мм.

Предъявленное к перевозке оборудование в количестве двух штук соответствует требованиям [1, глава 5]: масса каждого грузового места не превышает 25 т; коэффициент трения не менее 0,4 (дерево по металлу); груз не препятствует закрыванию боковых и торцевых бортов; груз размещается на четырехосной платформе в пределах основного габарита погрузки.

Расчет коэффициентов запаса устойчивости груза от опрокидывания выполняется по формулам 30 и 31 [1, глава 1].

$$a_{np} = 1,2 - \frac{11(1,2 - 0,97)}{72} = 1,165 \text{ тс/т.}$$

$$l_{про} = 1300 \text{ мм; } h_{стр} = 965 \text{ мм; } b_{по} = 590 \text{ мм; } h_{yn} = 150 \text{ мм;}$$

$$h_{ппп} = 965 \text{ мм; } l_{гр2} = 3158 \text{ мм;}$$

$$W_{п2} = 50 \cdot 2,62 \cdot 1,7 = 222,7 \text{ кгс;}$$

$$\eta_{np} = \frac{1,3}{1,165(0,965 - 0,15)} = 1,37 > 1,25;$$

$$a_{п2} = a_c + \frac{2(a_{ш} - a_c)}{l_b} l_{гр2} = 330 + \frac{2(550 - 330)}{9720} \cdot 3158 = 473 \text{ кгс/т;}$$

$$\eta_{п2} = \frac{Q_{гр} b_{по}}{F_{п}(h_{стр} - h_{yn}) + W_{п}(h_{стр} - h_{yn})} = \frac{5,5 \cdot 590}{5,5 \cdot 473(965 - 100) + 223(965 - 100)} = 1,33 > 1,25.$$

Генераторы ТД-802 в продольном и поперечном направлениях от опрокидывания крепятся растяжками совместно с их креплениями от продольных поступательных перемещений. Усилия в растяжках от опрокидывания в соответствии с формулами 32, 32а [1, глава 1, формулы (32), (32а)]:

– в продольном направлении –

$$R_{про} = \frac{1,25 F_{np}(h_{стр} - h_{yn}) - Q_{гр} l_{про}}{n_{рп}(l_{рп} \sin \alpha + h_p \cos \alpha \cos \beta_{рп})}; \quad (1)$$

– в поперечном направлении –

$$R_{п}^o = \frac{1,25(F_{п}(h_{стр} - h_{yn}) + W_{п}(h_{ппп} - h_{yn})) - Q_{гр} b_{по}}{n_{рп}(b_{рп} \sin \alpha + h_p \cos \alpha \cos \beta_{рп})}, \quad (2)$$

$$l_{рп} = 1900 \text{ мм; } h_p = 1360 \text{ мм; } \alpha = 33^\circ; \beta_{рп} = 40^\circ;$$

$$R_{про} = \frac{1,25 \cdot 5,1 \cdot 1,167(1,19 - 0,1) - 5,1 \cdot 1,11}{2(1,9 \sin 33 + 1,36 \cos 33 \cdot \cos 40)} = 1,74 \text{ тс;}$$

$$b_{рп} = 910 \text{ мм; } \alpha = 33^\circ; \beta_{рп} = 50^\circ;$$

$$R_{по} = \frac{1,25(5,1 \cdot 0,477(1,19 - 0,1) + 0,215(1,19 - 0,1)) - 5,1 \cdot 0,58}{2(0,91 \sin 33 + 1,36 \cos 33 \cdot \cos 50)} = 1,20 \text{ тс.}$$

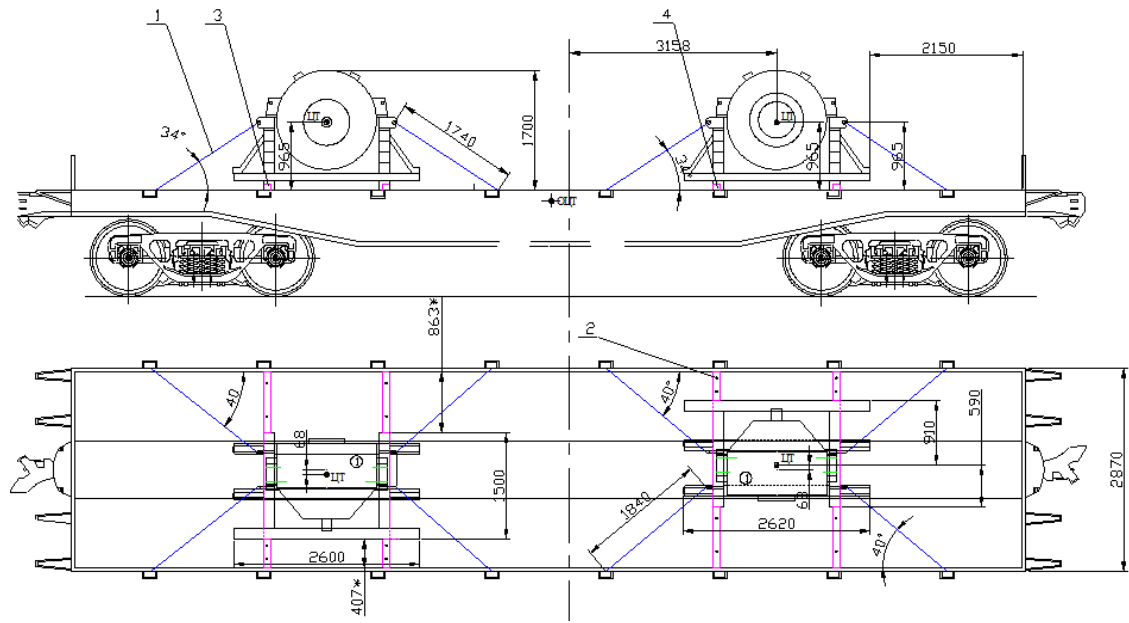


Рисунок 1 – Схема размещения и крепления двух тяговых генераторов ТД-802 на универсальной платформе с базой 9720 мм

Приняты растяжки из проволоки 6 мм в 6 нитей. В продольном и поперечном направлениях грузы устойчивы. Смещение общего центра тяжести груза в продольном и поперечном направлениях равно 0 мм.

Высота центра тяжести грузов над полом вагона  $h_{\text{онт}} = 0,965$  м.

Высота ОЦТ вагона с грузом определяется по формуле

$$H_{\text{онт}} = \frac{Q_{\text{гро}}h_{\text{цт}} + Q_{\text{в}}h_{\text{в}}}{Q_{\text{гро}} + Q_{\text{в}}} = \frac{11(0,965 + 1,3) + 22 \cdot 0,8}{11 + 22} = 1,288 \text{ м.}$$

Расчет площади наветренной поверхности вагона с грузом:

$$S = 13 + 2 \cdot 2,62 \cdot 1,7 = 21,91 \text{ м}^2.$$

Каждый генератор ТД-802 (5,1 т) от поперечного смещения в соответствии с [1, глава 5, таблица 8] должен удерживаться двумя брусками сечением 100×100 мм с каждой стороны, прибитыми шестью гвоздями диаметром 6 мм каждый.

В процессе транспортировки представленного груза возможна деформация (растяжение) проволочных растяжек (рисунок 1, поз. 1), которая повлечет смещение груза в продольном направлении. Указанное смещение генератора будет сопровождаться изменением угла наклона растяжек к плоскости вагона как в продольном, так и в поперечном направлении.

Уточненный расчет нагрузок на проволочные растяжки, который осуществляется при закреплении единичного груза растяжками одинакового диаметра с различным количеством нитей ( $n_{ni}$ ), различных длин ( $l_i$ ) и расположенных под разными углами ( $\alpha_i, \beta_i$ ), усилие  $R_i$  в рассматриваемой  $i$ -й растяжке определяется по формулам:

– от продольной инерционной силы –

$$R_{piпp} = Z^{пp}(n_{ni} / l_i)\cos\alpha_i\cos\beta_{pi}), \quad (3)$$

где  $Z^{пp} = \frac{\Delta F_{пp}}{\sum((n_{ni} / l_i)(\mu_{ck}\sin\alpha_i + \cos\alpha_i \cos\beta_{pi})\cos\alpha_i\cos\beta_{pi})}$

– от поперечной инерционной силы –

$$R_{pin} = Z^{п}(n_{ni} / l_i)\cos\alpha_i\cos\beta_{pi}), \quad (4)$$

где

$$Z^{п} = \frac{\Delta F_{п}}{\sum((n_{ni} / l_i)(\mu_{ck}\sin\alpha_i + \cos\alpha_i \cos\beta_{pi})\cos\alpha_i\cos\beta_{pi})}$$

На основании выполненных расчетов получены зависимости, отражающие динамику параметров проволочной растяжки, представленные на рисунках 2, 3.

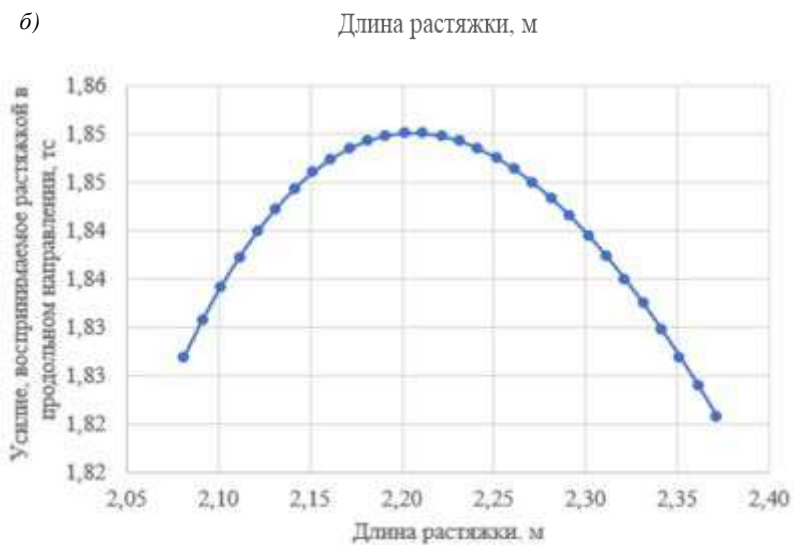
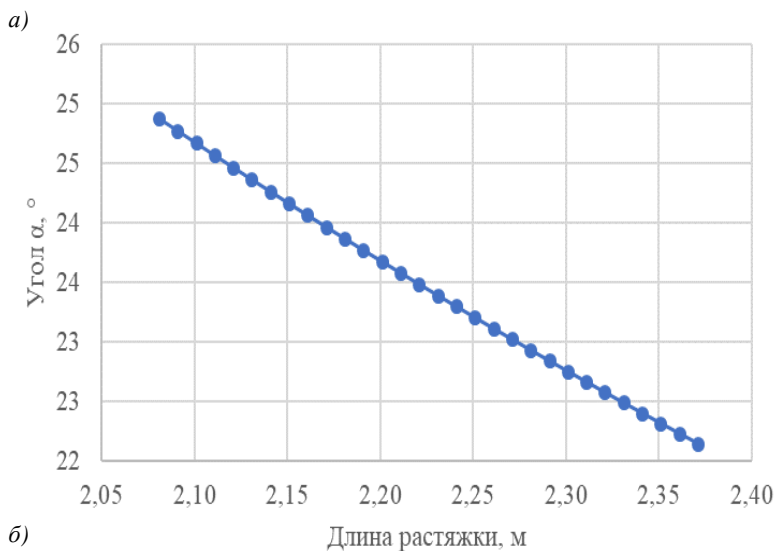


Рисунок 2 – Графики зависимости угла наклона растяжки (а) и усилия, воспринимаемого растяжкой в продольном направлении (б), от ее длины

Анализ полученных зависимостей показал:

1) удлинение проволочной растяжки в процессе транспортировки сопровождается изменением угла ее наклона к полу вагона. Для рассмотренного примера деформация растяжки на 30 см сопровождалась уменьшением угла наклона на 3°;

2) при изменении длины растяжки наблюдается динамика усилий, воспринимаемых ей в продольном и в поперечном направлениях, причем эти усилия могут принимать пиковые значения. Как видно из рисунка 2, б, рассмотренном примере пиковое значение усилия пришлось на продольное направление и составило 1,85 тс;

3) полученные зависимости отражают общие принципиальные особенности влияния деформируемости элементов крепления и упаковки тарноштучных грузов на их динамическое поведение в процессе транспортировки железнодорожным транспортом.

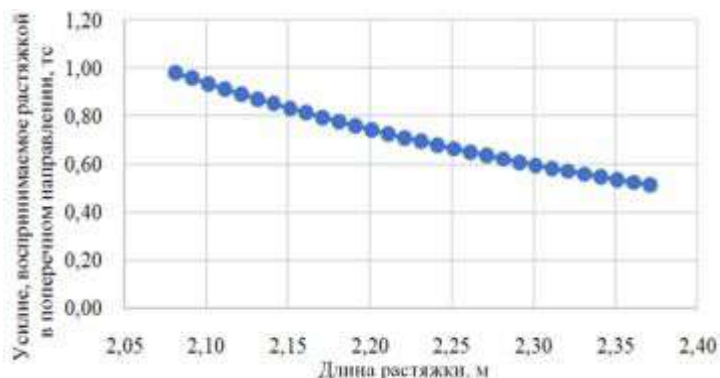


Рисунок 3 – График зависимости усилия, воспринимаемого растяжкой в поперечном направлении, от ее длины

Исследование колесных транспортных средств проводилось с помощью компьютерной модели в инженерном пакете MSC.ADAMS (рисунок 4). При геометрическом моделировании стержни использовались для элементов платформы, параллелепипеды – для тел, цилиндры – для осей и колес. Учитывались также такие кинематические связи, как цилиндрический шарнир вращения колес относительно осей, плоскостная связь, функциональные связи между движениями тела. Соединение платформы с транспортным средством осуществлялось рессорами (подрамниками) и с помощью задания контактного взаимодействия колес автомобиля и пола платформы.

При колебании груза силы трения между контактными поверхностями груза и полом вагона могут быть меньше сдвигающих сил. Именно поэтому был введен коэффициент динамического трения. Его значение составляет около 70 % значения для статического состояния.

В процессе моделирования исследовалось перемещение груза (рисунок 5). Жесткость пружин менялась несколько раз, пока не были определены оптимальные характеристики для безопасной транспортировки автомобиля.

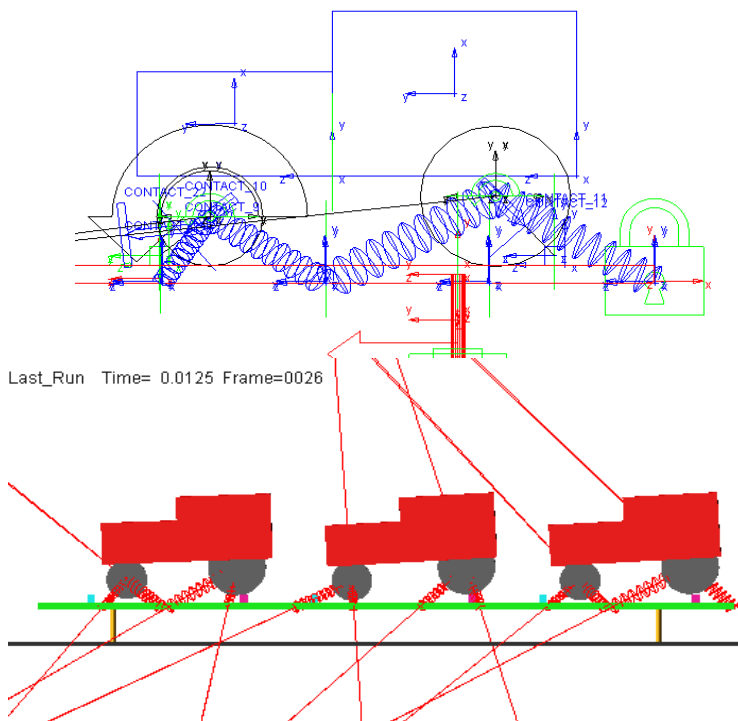


Рисунок 4 – Компьютерная модель транспортирования колесной техники

Расчеты показали, что неправильный выбор носилок может привести к угрозам сохранности и сохранности груза при транспортировке. При торможении и столкновении автомобилей носилки могут не вернуть груз в исходное положение из-за действия продольных, поперечных и вертикальных сил инерции. После удара груз меняет свое положение на полу платформы.

Результаты исследования компьютерной модели подвижного состава с колесными транспортными средствами на платформе представлены на диаграммах смещения центра тяжести (рисунок 5). На основе диаграмм скорости и перемещения были получены следующие данные:

- вертикальное смещение при столкновении автомобилей составляет 121 мм, но из-за эластичности креплений его максимальное значение достигло 145 мм;
- в поперечной плоскости в момент удара смещение центра масс составило 58 мм; Скорость центра масс в момент столкновения равна 5,96 м/с.

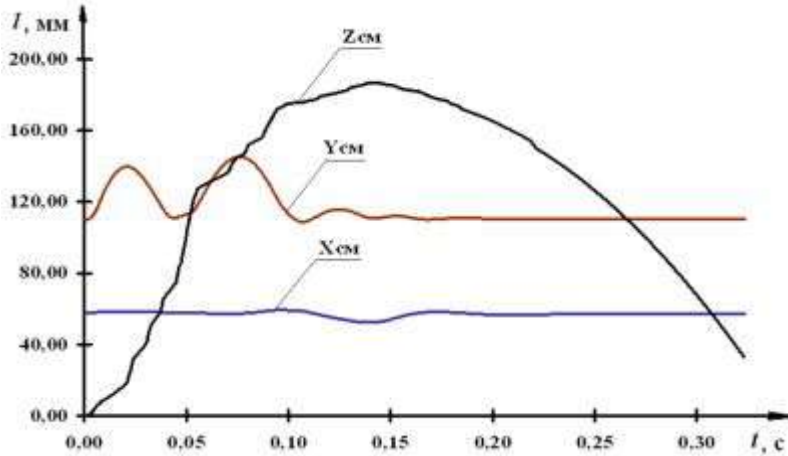


Рисунок 5 – Диаграмма относительных перемещений штучного груза с учетом деформируемости элементов крепления

Проведенные расчеты показали, что упругость шин привела к увеличению сил, действующих на подставники, в два и более раза. Этот факт необходимо учитывать при сопоставлении напряжений. Также результаты показывают, что бруски испытывают значительные динамические нагрузки. Это может привести к потере их прочности.

*Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект T22M–073).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Технические условия размещения и крепления грузов. Приложение 3 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) : по состоянию на 1 июля 2015 г. – Минск : Амалфея, 2015. – 704 с.

*M. G. GEGEDESH, S. A. PETRACHKOV, E. N. POTYLKIN*

### **STRATEGY FOR FORMING A CARGO FLEET OF RAILWAY TRANSPORT OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

The issues of the influence of deformability of cargo fastening elements on their behavior during transportation by rail are considered. The general principal features of stretch marks deformation during cargo transportation are determined. The results of the study can be used in the development of schemes for the placement and fastening of cargo in wagons.

Получено 14.12.2023