

$$R_{ypp.i} = C_i \Delta x \sum_{i=1}^{n_p} \frac{n_i}{l_i} \cdot \frac{a_i}{l_i} \leq [R_i] \quad (18)$$

где $[R_i]$ – допустимое значение натяжения в креплениях, определяемое по табл. 20 ТУ в зависимости от количества нитей n_i и диаметра проволоки d_i .

Выводы:

Результаты аналитического обоснования технологии креплений груза при действии продольных и вертикальных сил (математического моделирования креплений груза) при несимметричном (симметричном) размещении центра масс относительно поперечной оси симметрии вагона позволяют сделать следующие важные для практики рекомендации.

1. Обязательное выполнение расчёта перемещения груза по продольной оси вагона.
2. Перемещение груза по продольной оси вагона следует определять по формуле (17).
3. Усилие R_i в i -х гибких упругих креплениях от воздействия продольных и вертикальных сил следует определять по формуле (18).

ЛИТЕРАТУРА

1. Приложение 14 к СМГС «Правила размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах». – М.: Планета, 2005. – 191 с.
2. Комаров К.Л., Яшин А.Ф. Теоретическая механика в задачах железнодорожного транспорта. – Новосибирск: Наука, 2004. – 296 с.
3. Даусеитов Е.Б. Математическое моделирование продольного смещения груза при движении поезда под уклон в режиме служебного торможения // Вестник инженерной академии РК, Алматы, 2005, №1, с.13-20.
4. Бутенин Н. В., Лунц Я. Л., Меркин Д. Р. Курс теоретической механики в двух томах. СПб.: Лань, 1998. 736 с.

УДК 656.212.6.073

**Даусеитов Ерген Балгаевич – д.т.н., доцент (Алматы, КазАТК)
Ихиева Майя Айтжановна – магистрант (Алматы, КазАТК)
Тансыкбаева Айгуль – магистрант (Алматы, КазАТК)**

**ОЦЕНКА НАГРУЗОЧНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ КРЕПЛЕНИЯ
НЕСИММЕТРИЧНО РАЗМЕЩЕННОГО ГРУЗА ПРИ ДВИЖЕНИИ
ПОЕЗДА ПО КРИВОМУ УЧАСТКУ ПУТИ**

При несимметричном размещении груза при движении поезда по кривому участку пути возникает необходимость оценки нагрузочных способностей крепления груза.

Исследуем нагрузочные способности гибких креплений при несимметричном размещении груза в вагоне при прохождении поездом кривых участков пути, на основе аналитических формул, полученных в работе [1] в среде MathCAD [2].

Тяжеловесный груз размещен в вагоне со смещением общего центра тяжести поперек вагона ($\pm M$) (рисунок 1), допустимое значение которого определяется по таблице 10 [3] в зависимости от веса груза Q .

В общем случае считали, что на механическую систему «груз–крепление–вагон» действуют поперечные (Φ_y, Φ_n и W_y) и вертикальные (Φ_z) силы. Груз прикреплен к вагону проволочными растяжками диаметром $\varnothing 6$ мм и числом нитей $n = 6$. Предварительные

натяжения S_0 ; всех растяжек приняли одинаковыми и равными 20.1 кН. Коэффициент трения груза о пол платформы $f = 0.4$ (сталь по дереву).

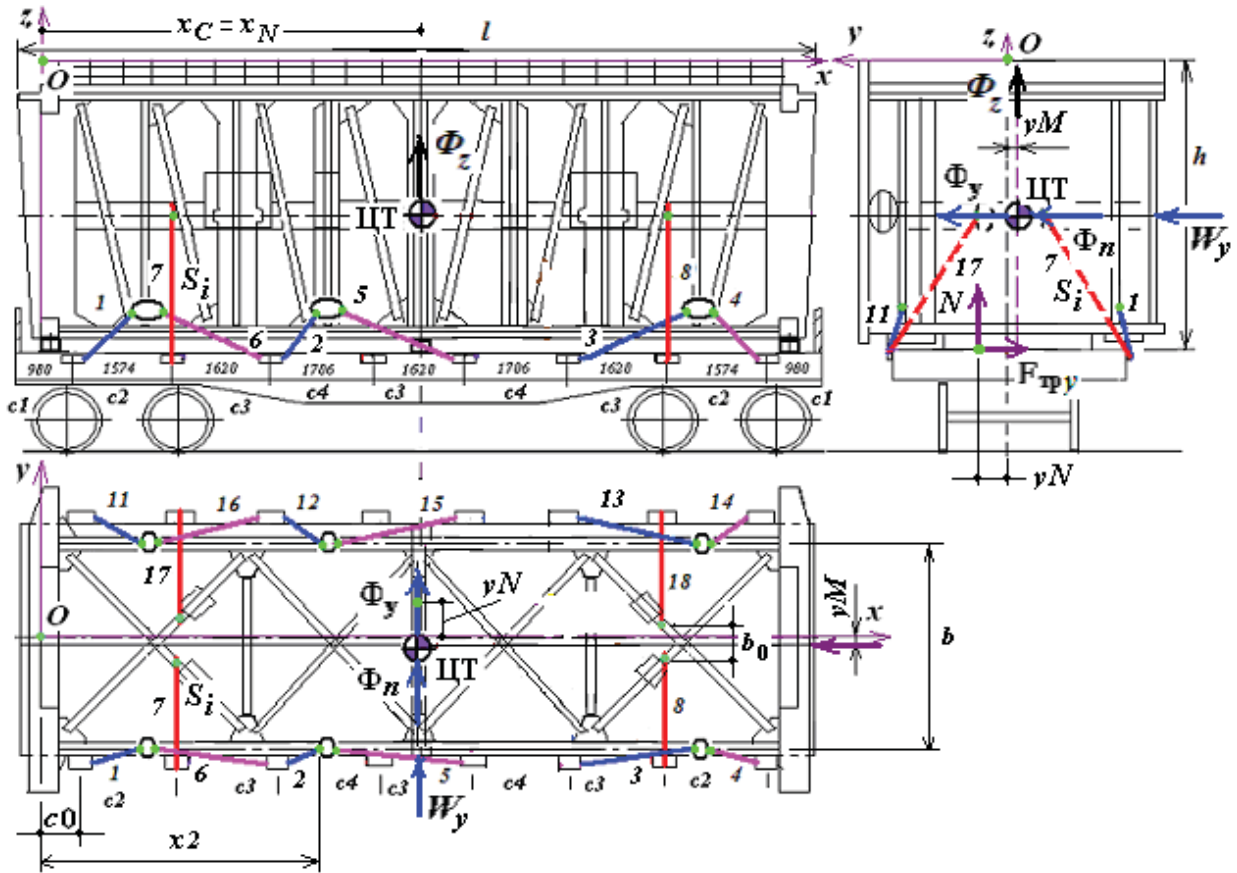


Рисунок 1 – Физическая модель размещения и крепления тяжеловесного груза

Перед проведением вычислительных экспериментов значения поперечного и вертикального переносных ускорений вагона с грузом $a_{ey} = 0.3g$ и $a_{ez} = 0.46g$ были подобраны так, чтобы усилия в гибких элементах креплений груза находились бы в пределах допустимого значения 38.7 кН ($S_0 + [S_i] = 2.01 + 1.86 = 3.87$ тс, где S_0 - заданное значение усилий предварительных натяжений и $[S_i]$ - допустимое значение натяжения гибкого элемента крепления по данным таблицы 30 [3]).

Вычислительные эксперименты были проведены при вариации значений $\pm yM$ от нуля до допускаемого значения ± 0.293 м с шагом $\Delta yM = \pm 0.073$ м.

В результате проведенных исследований по определению натяжений в креплениях груза при вариации смещения общего центра тяжести груза поперек вагона $\pm yM$ м, получены следующие результаты, которые сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Значение натяжения в креплениях в зависимости от смещения груза

Смещение ЦТ ^о _{гр} поперек вагона, yM , мм	Вертикальное смещение ЦТ ^о _{гр} δz , мм	Натяжения в гибких элементах креплений в кН, воспринимающих поперечные силы				
		S_2	S_1 S_4	S_7 S_8	S_3 S_6	S_5

293	10	23.1	21.77 21.54	21.98 25.1	21.62 19.83	20
219	7.5	24.24	22.61 22.67	25.74 28.28	21.6 21.59	20.57
146	5	26	23.74 24.25	33.22 34.76	21.68 21.52	21.29
73	2.5	25.04	21.19 23.43	36.5 37.17	21.32 21.33	21.1
0	0	22.95	21.93 21.7	36.5 37.17	20.81 20.69	20.56
-73	2.5	20.85	20.64 20	36.2 35.37	20.38 20	20
-146	5	19.06	19.53 18.59	35.13 33.79	20.05 19.36	19.49
-219	7.5	16.82	18.11 16.6	38.52 36.53	19.7 18.41	18.73
-293	10	13.74	16.15 13.69	42.65 40.2	19.22 17	17.59

При расположении груза со смещением относительно поперечной оси симметрии вагона при $yM = 0.219$ м при вертикальном смещении общего центра тяжести вагона с грузом $\delta z = 7.5$ мм, чему соответствует угол наклона рамы вагона в сторону наружной рельсовой нити на $\zeta = 1.961$ град.

Анализ результатов исследований. Результаты исследований показали, что при несимметричном размещении негабаритного груза относительно продольной оси симметрии вагона ($yM = 0.219$ м) от действий поперечных сил произошел сдвиг груза только поперек вагона на $\Delta y = 5$ мм. При этом произошел поворот груза вокруг вертикальной оси по направлению отсчета угла $\Delta \varphi = 0.018$ град. Координаты приложения нормальной реакции связи N равны $x_N = 6.11$ и $y_N = 0.356$ м.

Натяжения в гибких элементах креплений груза 7 и 8, расположенных перпендикулярно его боковой поверхности, равны соответственно 25.743 и 28.283 кН, что намного меньше, чем допустимое значение (38.7 кН). Такой факт объясняется удлинением длины гибких элементов 2, 1 и 4, 7 и 8, 3 и 6, 5, расположенных со стороны действия поперечных сил. Это, в свою очередь, означает, что смещение общего центра тяжести груза поперек вагона в сторону возвышения наружной рельсовой нити способствует *повышению* нагрузочной способности гибких элементов креплений груза. Однако такое смещение перегружает комплекты пружин под надрессорными балками, размещенными на боковых рамах тележек на стороне наружной рельсовой нити, разгружая такие же комплекты пружин, размещенных на других боковых рамах тележек на стороне внутренней рельсовой нити.

При расположении груза со смещением относительно продольной оси симметрии вагона при $yM = -0.219$ м при вертикальном смещении общего центра тяжести вагона с грузом $\delta z = 7.5$ мм, чему соответствует угол наклона рамы вагона в сторону внутренней рельсовой нити на $\zeta = -1.961$ град.

Анализ результатов исследований. Результаты исследований показали, что при несимметричном размещении негабаритного груза относительно продольной оси симметрии вагона ($yM = -0.219$ м) от действий поперечных сил произошел сдвиг груза вдоль вагона на $\Delta x = 1$ мм и поперек вагона на $\Delta y = 18$ мм. При этом произошел поворот

груза вокруг вертикальной оси против направления отсчета угла $\Delta\varphi = -0.013$ град. Координаты приложения нормальной реакции связи N равны $x_N = 6.127$ и $y_N = -0.186$ м.

Натяжения в гибких элементах креплений груза 7 и 8, расположенных перпендикулярно его боковой поверхности, равны, соответственно, 38.524 и 36.526 кН, что находится в пределах допустимого значения (38.7 кН). Такой факт объясняется уменьшением длины гибких элементов 2, 1 и 4, 7 и 8, 3 и 6, 5, расположенных со стороны действия поперечных сил. Это, в свою очередь, означает, что смещение общего центра тяжести груза поперек вагона в сторону внутренней рельсовой нити способствует снижению нагрузочной способности гибких элементов креплений груза. Однако такое смещение перегружает комплекты пружин под надрессорными балками, размещенными на боковых рамах тележек на стороне внутренней рельсовой нити, разгружая такие же комплекты пружин, размещенных на других боковых рамах тележек на стороне наружной рельсовой нити.

С использованием возможности вычислительной среды MathCAD [2] выполним регрессионный анализ вычисленных значений натяжений в гибких элементах в зависимости от значений смещения общего центра тяжести тяжеловесного груза относительно его продольной оси симметрии вагона.

Полученные коэффициенты уравнения регрессии – *coeffs* и варьируемые значения смещения общего центра тяжести груза относительно продольной оси симметрии вагона y_M в пределах от 0 до ± 300 мм и с шагом $\Delta y_M = \pm 20$ мм представлены ниже:

$$y_M := 0, 20 .. 300$$

$$\text{coeffs}_0 = 37.074 \quad \text{coeffs}_1 = 0.016 \quad \text{coeffs}_2 = -1.637 \times 10^{-4}$$

$$\text{coeffs}_3 = -1.407 \times 10^{-6} \quad \text{coeffs}_4 = 1.2380924 \times 10^{-9}$$

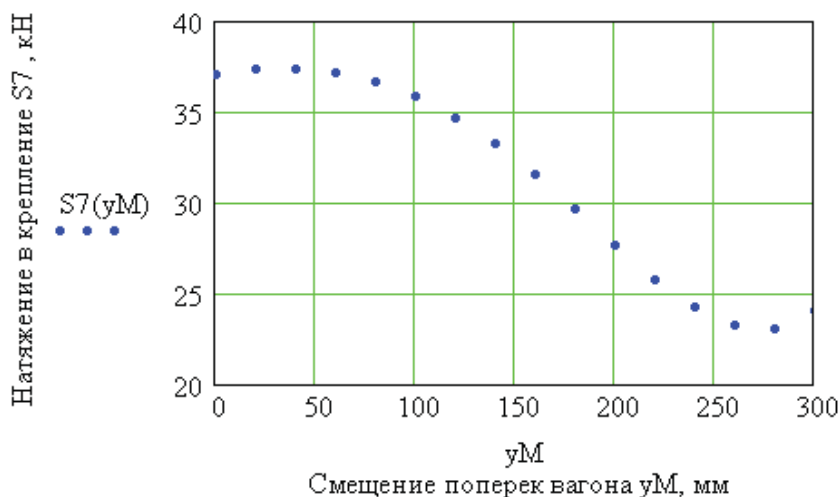
$$\text{coeffs}_5 = 1.028 \times 10^{-11}$$

Математически полученное полиномиальное уравнение регрессии значений натяжений в гибких элементах креплений, соответствующих смещению общего центра тяжести груза поперек вагона y_M , представлено в виде:

$$S_7(y_M) := \text{coeffs}_0 + \text{coeffs}_1 \cdot y_M + \text{coeffs}_2 \cdot y_M^2 + \text{coeffs}_3 \cdot y_M^3 \dots + \text{coeffs}_4 \cdot y_M^4 + \text{coeffs}_5 \cdot y_M^5 \quad (1)$$

где $\text{coeffs}_0, \text{coeffs}_1, \dots, \text{coeffs}_3$ - коэффициенты при многочленах, имеющих размерности соответственно в виде, кН, кН/мм, кН/мм², кН/мм³, кН/мм⁴, кН/мм⁵.

Графические зависимости $S_7 = f(y_M)$ представлены на рисунке 2.



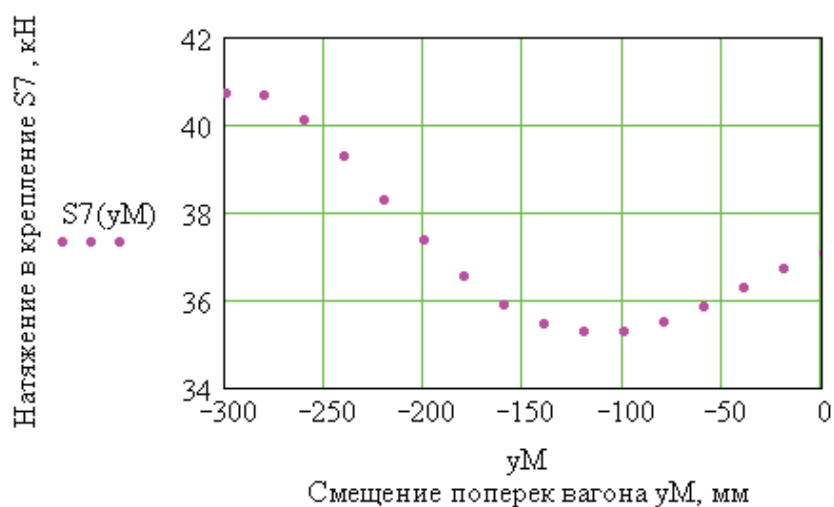


Рисунок 2 – Графические зависимости $S_7 = f(y_M)$

Анализируя полученные результаты исследований по установлению зависимости $S_7 = f(y_M)$, можно отметить, что вариация значений смещения общего центра тяжести негабаритного груза поперек вагона в сторону возвышения наружной рельсовой нити приводит к уменьшению натяжений в гибких элементах креплений по обратно параболическому характеру, а при смещении этого центра в сторону внутренней рельсовой нити, наоборот, к увеличению значений натяжений в этих элементах креплений. Такие факты объясняются тем, что при размещении груза со смещением общего центра тяжести поперек вагона в сторону возвышения наружной рельсовой нити элементы креплений, расположенные со стороны действия внешних сил, станут еще более длинными, а при размещении же груза со смещением этого центра в сторону внутренней рельсовой нити эти элементы креплений станут еще более короткими.

Особо отметим, что при смещении общего центра тяжести негабаритного груза в сторону внутренней рельсовой нити до $y_M = -220$ мм значение натяжения в крутом гибком элементе крепления 7 находится в пределах допустимого, а свыше этой величины – превышает допустимое значение (38.7 кН). В связи с этим, для практики можно рекомендовать внести коррективы в таблицу 10 [3], где для веса груза 30 тс и высоты общего центра тяжести вагона с грузом над УГР допусковое поперечное смещение общего центра тяжести груза в вагоне, приняв это значение равным 220 мм, вместо 290 мм.

Выводы:

1. Смещение общего центра тяжести груза поперек вагона в сторону возвышения наружной рельсовой нити способствует *повышению* нагрузочной способности гибких элементов креплений груза. Однако такое смещение перегружает комплекты пружин под наддресорными балками, размещенными на боковых рамах тележек на стороне наружной рельсовой нити, разгружая такие же комплекты пружин, размещенных на других боковых рамах тележек на стороне внутренней рельсовой нити.

2. Смещение общего центра тяжести груза поперек вагона в сторону внутренней рельсовой нити приводит к *снижению* нагрузочной способности гибких элементов креплений груза. Однако такое смещение перегружает комплекты пружин под наддресорными балками, размещенными на боковых рамах тележек на стороне внутренней рельсовой нити, разгружая такие же комплекты пружин, размещенных на других боковых рамах тележек на стороне наружной рельсовой нити.

ЛИТЕРАТУРА

1. Даусеитов Е.Б., Конакбай З.Е., Карташова А.В. Математическое моделирование гибких элементов креплений при несимметричном размещении груза по поперечной оси вагона. // Материалы V междунар. научн.-практич. конф. «Транспорт Евразии XXI века». – Алматы, КазАТК, 2008. – С.
2. Д.В. Кирянов. Самоучитель MathCAD 13. БХВ-Петербург, 2006.- 528 с.
3. Приложение 14 к СМГС «Правила размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах». – М.: Планета, 2005. – 191 с.

УДК 656.2

Аустниязова Бибигуль Иосифовна – соискатель (Алматы, КазАТК)

**ТРЕБОВАНИЯ К ПУТЕВОМУ РАЗВИТИЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ,
ВЫПОЛНЯЮЩИХ МЕСТНУЮ РАБОТУ**

В настоящее время, в связи с открытием значительного числа транспортно-экспедиционных фирм, местная грузовая работа выполняется как на специальных грузовых станциях, так и на малодейственных станциях и подъездных путях. Грузовые операции в среднем занимают 1/3 времени оборота вагонов. Поэтому определение коэффициента вместимости таких станций, рациональное решение которой позволяет сократить оборот вагонов, имеет важное решение.

Допустимую грузовой станции определяют, учитывая два условия: обеспечение беспрепятственного проезда поездов с местными вагонами и своевременную подачу и выгрузку их, что характеризуется отсутствием неподанных и невыгруженных вагонов с полными сроками на выполнение грузовых операций.

Среднее число вагонов, которое может принять грузовой фронт k маневрового района j -й за период его работы $T_{\phi jk}$ и с установленным сроком на выполнение грузовых операций t_{jk}

$$P_{jk} = P_{jk} t_{jk} / T_{\phi jk} , \quad (1)$$

где P_{jk} - среднесуточный объем работы грузового фронта.

На всех грузовых фронтах станции может находиться вагонов

$$P_{\phi p} = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{k_j} P_{jk} , \quad (2)$$

где m -число маневровых районов

Число вагонов, которое может, находиться на простейших станциях с небольшим объемом грузовой работы (исходя из формулы 1) принимает вид:

$$P_i = P_i * t_i / 24 , \quad (3)$$

где P -объем грузовой работы; T_i - время нахождения вагонов на станции.

Путевое развитие станций, выполняющих грузовую работу, включает приемо-отправочные, сортировочные, погрузочно-выгрузочные пути, пути для выполнения передаточных операций между станциями и предприятиями, соединительные пути между станцией и грузовыми и др. Общая вместимость этого путевого развития