

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЁСНОЙ ТЕХНИКИ, ПЕРЕВОЗИМОЙ НА ПЛАТФОРМЕ ПРИ НАЛИЧИИ ГИБКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПЛЕНИЙ

С.А. Ситников, канд. техн. наук, доцент

Уральский государственный университет путей сообщения  
(Россия, г. Екатеринбург)

DOI:10.24412/2500-1000-2025-3-1-271-277

**Аннотация.** В статье рассмотрена возможность оценки устойчивости колёсной техники или вагона с колёсной техникой при наличии гибких элементов креплений. Дана косвенная оценка влияния вертикальных колебаний груза от воздействия неровностей профиля пути на устойчивость груза в процессе перевозки.

**Ключевые слова:** вагон, платформа, колёсная техника, груз, упорные бруски, гибкие элементы крепления, сдвиг груза поперёк вагона, устойчивость груза и вагона с грузом.

В источнике [1] приведены результаты расчёта потери устойчивости груза (на примере колёсной техники) относительно опоры  $A$  и вагона с грузом относительно опоры  $B$ , выполненные согласно методике ТУ [2], для неблагоприятного их состояния. Это состояние соответствует случаю, когда полностью разрушены упорные элементы внутреннего (т. е. реакция упорных элементов  $R_{бр.у} = 0$ ) и гибкие элементы наружного направления (т. е. усилия предварительных скруток проволоки  $R_{0iy} = R_{0iz} = 0$  и гибких элементов креплений  $R_{iy} = R_{iz} = 0$ ). Согласно результатам исследований [1], устойчивость груза и вагона с грузом при этих условиях не обеспечена ( $\eta < 1,0$ ). Тем самым подвергнута сомнению оценка устойчивости груза и вагона с грузом по методике ТУ [2].

В связи с этим полагаем, что исследование устойчивости колёсной техники, закреплённой гибкими элементами креплений при определенных условиях ( $R_{0iy} \neq 0$ ,  $R_{0iz} \neq 0$  и  $R_{iy} \neq 0$ ,  $R_{iz} \neq 0$ ) является актуальной задачей для транспортной науки.

**Формулировка задачи.** На конкретном примере инженерного расчёта необходимо доказать возможность оценки устойчивости колёсной техники или вагона с колёсной техникой при наличии гибких элементов креплений.

**Пример расчёта.** Для примера, как и в [1], рассмотрим устойчивость колёсной техники (груза) силой тяжести  $G = 610$  кН (в качестве примера рассмотрен автомобиль КАТО

NK 750 YS-L на сцепе из двух железнодорожных платформ) с упорными брусками и гибкими элементами крепления (рис. 1).

На рисунке 1 обозначено:  $G$  – сила тяжести груза;  $I_{ey}$  и  $I_{ez}$  – поперечная и вертикальная переносные силы инерции, условно приложенные к центру масс груза [3, 4];  $h_{цт}$  – высота центра масс груза от пола вагона;  $F_{rw}$  – сила аэродинамического сопротивления (ветровая нагрузка) [4];  $h_{rwz}$  – высота точки приложения силы аэродинамического сопротивления от пола вагона;  $G_o = G + G_T$  – суммарная сила тяжести груза и порожнего вагона;  $S$  – половина расстояния между кругами катания колёсных пар (790 мм) [5];  $h_z$  – высота пола вагона от уровня головки рельса (УГР);  $h_{rw}$  – высота точки приложения силы аэродинамического сопротивления от УГР;  $R_{iy}$  и  $R_{iz}$  – проекции усилий в гибких элементах крепления на поперечную и вертикальную оси соответственно;  $h_i$  – расстояние от пола вагона до грузовых проушин (петель) груза [5-8];  $A$  и  $B$  – опоры (точки) контактов груза с боковой стороной вагона,  $D$  и  $E$  – точки контакта гребней колёс колёсной пары с рельсовыми нитями.

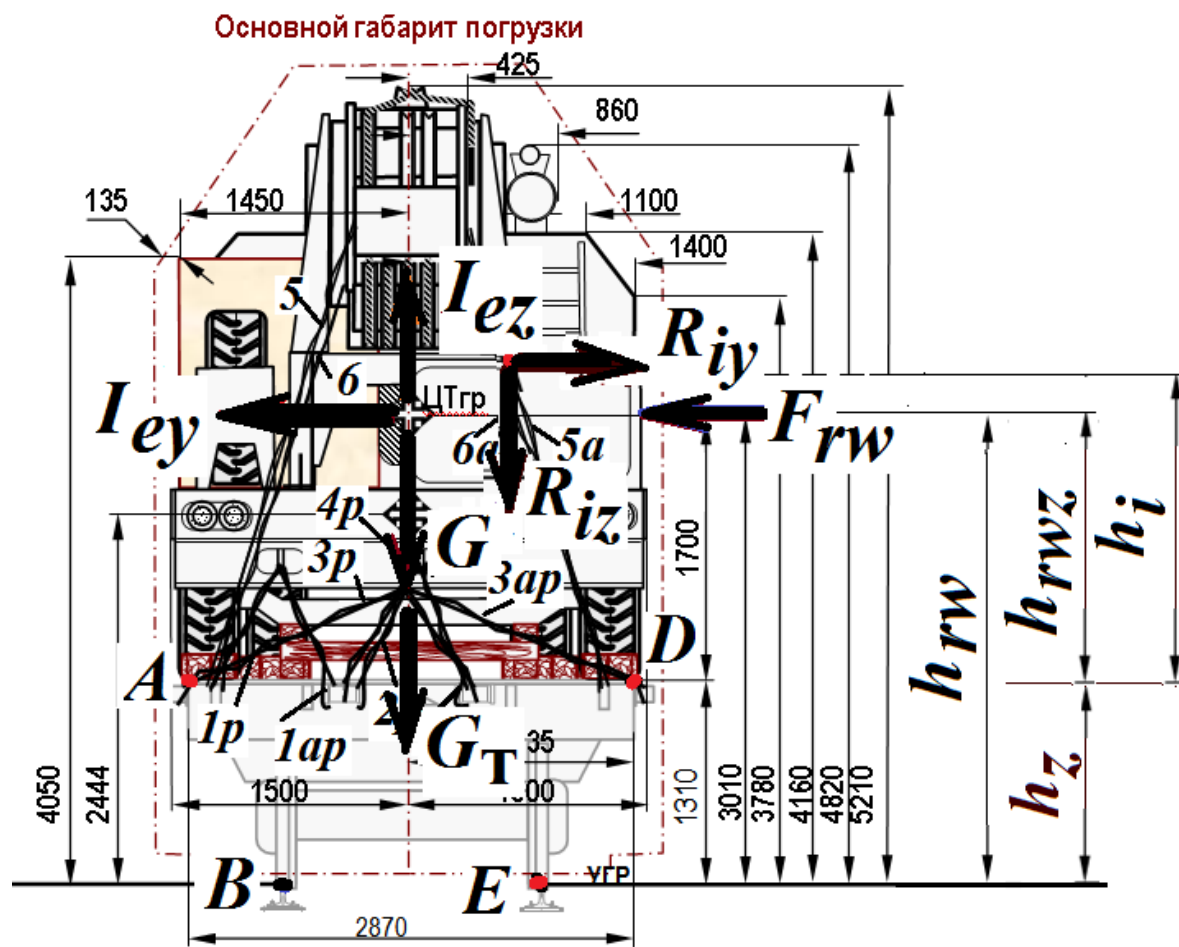


Рис. 1. Вид с торца вагона

Особо отметим, что на рисунке 1 направление вертикальной переносной силы инерции  $I_{ez}$ , которая условно приложена к центру масс груза, соответствует неблагоприятному случаю для груза [3]. Поскольку в этом случае  $I_{ez}$  способствует опрокидыванию груза и вагона с грузом.

**Условия задачи.** Условия задачи и физико-геометрические параметры крепления груза такие же, как и в источниках [7-8].

Параметры гибких элементов креплений заданы и приняты на основе чертежа схемы погрузки и крепления груза. Направления проекций векторов натяжений условно обозначены: влево – в сторону внутренней рельсовой нити; вправо – наружной рельсовой нити.

1. Физические и геометрические параметры гибких элементов крепления:  $E = 1 \cdot 10^7$  – модуль упругости гибких элементов крепления с учётом скрутки проволоки, кН/м<sup>2</sup> [3];  $d = 6$  – диаметр проволоки упругого элемента крепления, мм;  $n = 8$  – количество нитей проволоки гибкого элемента крепления, шт.;  $R_0 = 20$  –

принятое среднее значение усилия предварительных скруток проволоки крепления, кН [9, 10].

2. Вычисленные по данным чертежа значения проекции гибких элементов крепления на продольную ось вагона, м [7-8]:

– внутреннего направления

$a_1 = 1,205$ ;  $a_2 = 1,205$ ;  $a_3 = 1,205$ ;  $a_4 = 1,205$ ;  $a_5 = 0,197$ ;  $a_6 = 1,709$ ;  $a_{1a} = 1,205$ ;  $a_{2a} = 1,205$ ;  $a_{3a} = 1,205$ ;  $a_{4a} = 1,205$ ;  $a_{5a} = 0,197$ ;  $a_{6a} = 1,709$ ;

– наружного направления

$a_{1p} = 1,205$ ;  $a_{2p} = 0,701$ ;  $a_{3p} = 2,213$ ;  $a_{4p} = 1,709$ ;  $a_{5p} = 0$ ;  $a_{6p} = 0$ ;  $a_{1ap} = 0,701$ ;  $a_{2ap} = 0,701$ ;  $a_{3ap} = 2,213$ ;  $a_{4ap} = 1,709$ ;  $a_{5ap} = 0$ ;  $a_{6ap} = 0$ .

3. Вычисленные по данным чертежа значения проекции гибких элементов крепления на поперечную ось вагона, м [6-9]:

– внутреннего направления

$b_1 = 0$ ;  $b_2 = 1,573$ ;  $b_3 = 0,303$ ;  $b_{1p} = 0,363$ ;  $b_{2p} = 0,484$ ;  $b_{3p} = 0,363$ ;  $b_4 = 0,242$ ;  $b_{4p} = 1,331$ ;  $b_5 = 0,968$ ;  $b_{5p} = 0$ ;  $b_6 = 0,968$ ;  $b_{6p} = 0$ ;

– наружного направления

$b1a = 0; b2a = 1,573; b3a = 0,303; b1ap = 0,363; b2ap = 0,242; b3ap = 0,363; b4a = 0,242; b4ap = 1,331; b5a = 0,363; b5ap = 0; b6a = 0,242; b6ap = 0.$

4. Вычисленные по данным чертежа (схемы погрузки груза) значения проекции гибких элементов крепления на вертикальную ось, м:

– внутреннего направления

$h1 = 0,846; h2 = 0,846; h3 = 1,34; h1p = 0,987; h2p = 0,987; h3p = 0,423; h4 = 0,846; h4p = 0,423; h5 = 2,82; h5p = 0; h6 = 2,82; h6p = 0.$

– наружного направления

$h1a = 0,846; h2a = 0,846; h3a = 1,34; h1ap = 0,987; h2ap = 0,987; h3ap = 0,423; h4a = 0,846; h4ap = 0,423; h5a = 2,82; h5ap = 0; h6a = 2,82; h6ap = 0.$

5. Длина упругих элементов крепления, м:

$$l_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2 + h_1^2} \quad l_1 = 1,472;$$

$$l_2 = \sqrt{a_2^2 + b_2^2 + h_2^2} \quad l_2 = 2,155 \text{ и т. д.}$$

Вычисленные значения длин упругих элементов крепления, м:

– внутреннего направления

$l_1 = 1,472; l_2 = 2,155; l_3 = 1,827; l_{1p} = 1,599; l_{2p} = 1,304; l_{3p} = 2,282; l_4 = 1,492; l_{4p} = 1,765; l_5 = 2,988; l_{5p} = 0; l_6 = 3,437; l_{6p} = 0.$

– наружного направления

$l_{1a} = 1,472; l_{2a} = 2,155; l_{3a} = 1,827; l_{1ap} = 1,264; l_{2ap} = 1,235; l_{3ap} = 2,282; l_{4a} = 1,492; l_{4ap} = 1,765; l_{5a} = 2,988; l_{5ap} = 0; l_{6a} = 3,437; l_{6ap} = 0.$

**Формулы устойчивости груза и вагона с грузом относительно одной из опор.** Исследуем реальные случаи перевозки грузов, при

которых от воздействия поперечных сил ( $I_{ey}$

и  $F_{rw}$ ) естественным является сдвиг груза поперёк вагона ( $\Delta y \neq 0$ ), когда полностью разрушены упорные элементы наружного направления, прибитые вплотную к боковой стороне груза (т.е. реакция упорных брусков  $R_{бр.у} = 0$ ), с сохранением гибких элементов креплений внутреннего направления. Будем учитывать проекции гибких элементов креплений внутреннего направления  $R_i$  и усилий предварительных скруток проволоки крепления  $RO_i$  на поперечную и вертикальную оси, т.е.  $RO_{iy} \neq 0, RO_{iz} \neq 0$  и  $R_{iy} \neq 0, R_{iz} \neq 0$  (см. рис. 1).

Вводя понятия «удерживающих» и «опрокидывающих» моментов поперечных и вертикальных сил относительно опоры А ( $M_{уд.у}^A$  и  $M_{опр.у}^A$ ) и В ( $M_{уд.у}^B$  и  $M_{опр.у}^B$ ) при наличии сдвига груза поперёк вагона ( $\Delta y \neq 0$ ) в случае, когда общий центр масс груза размещён со смещением поперёк вагона ( $b_{см}$ ), получим следующие формулы [3, 4]:

– для груза

$$M_{уд.у}^A = G[(l_{гр.} \pm b_{см}) - \Delta y] + \sum_{i=1}^6 (RO_i + R_i) \frac{h_i}{l_i} [(l_{гр.} \pm b_{см}) + BV - (\Delta y + b_i)] + \sum_{i=1}^6 (RO_i + R_i) \frac{b_i h_i}{l_i}; \quad (1)$$

$$M_{опр.у}^A = I_{ey} h_{цт} + I_{ez} (l_{гр.} \pm b_{см}) + F_{rw} h_{rwz}. \quad (2)$$

– для вагона с грузом

$$M_{уд.у}^B = G_0[(S \pm b_{см}) - \Delta y] + \sum_{i=1}^6 (RO_i + R_i) \frac{h_i}{l_i} [(S \pm b_{см}) + BV - (\Delta y + b_i)] + \sum_{i=1}^6 (RO_i + R_i) \frac{b_i}{l_i} (h_i + h_z); \quad (3)$$

$$M_{\text{опр.у}}^B = I_{ey}(h_{\text{цт}} + h_z) + I_{ez}[(S \pm b_{\text{см}}) - \Delta y] + F_{rw}h_{rw}. \quad (4)$$

Здесь обозначено:  $b_{\text{см}}$  – смещение общего центра масс груза относительно продольной оси симметрии вагона (знак «плюс» в сторону внутренней рельсовой нити, а «минус» – наружной рельсовой нити), м;  $\Delta y$  – сдвиг груза поперёк вагона, м;  $R_{0iy}$  и  $R_{0iz}$  – проекции усилий предварительных скруток проволоки крепления на поперечную и вертикальную оси, кН;  $R_{iy}$  и  $R_{iz}$  – проекции гибких элементов креплений внутреннего направления на поперечную и вертикальную оси, кН;  $B_{\text{в}}$  – половина ширины вагона (для платформы 1440 или 1435 мм), м. Отметим, что значения  $\Delta y$ ,  $R_{0iy}$  и  $R_{0iz}$ ,  $R_{iy}$  и  $R_{iz}$ , как и в [6-8], вычисляются на основе [10, 11]. В частном случае, когда груз от поперечного сдвига удерживается ( $\Delta y = 0$ ) упорными элементами крепления наружного направления (т.е. имеет место реакция бруска  $R_{\text{бр.у}} \neq 0$  и ), то из (1) и (2) исключаются  $R_{iy}$  и  $R_{iz}$  с сохранением  $R_{0iy}$  и  $R_{0iz}$  (т.е.  $R_{0iy} \neq 0$  и  $R_{0iz} \neq 0$  и  $R_{iy} = R_{iz} = 0$ ).

**Исходные данные примера расчёта.** Исходные данные примера расчёта следующие [5, 6]:  $b_{\text{см}} = 0$  (т.е. без смещения);  $G = 610$ ,  $G_{\text{T}}$

$= 220$  и  $G_0 = G + G_{\text{T}} = 830$  кН;  $B_{\text{в}} = 1,435$  м;  $S = 0,79$  м;  $B_{\text{в}} = 1,435$  м;  $h_{\text{цт}} = 1,7$  м;  $h_{\text{T}} = 0,8$  м;  $H_{\text{цто}} = 2,44$  м;  $h_{rwz} = 1,7$  м;  $h_z = 1,31$  м;  $h_{rw} = 3,01$  м;  $l_{\text{гр}} = 1,435$  м;  $I_{ey} = 317,2$  и  $I_{ez} = 378,2$  кН;  $v_{\text{в}} = 28,4$  м/с;  $F_{\text{в}} = F_{rw} = 1,435$  кН;  $\Delta y = 0,104$  – сдвиг груза поперёк вагона (после выдёргивания крепёжных элементов упорных брусков наружного направления), м. Все обозначения соответствуют обозначениям рисунку 1.

#### Результаты вычислительных экспериментов.

1. Исследуем реальные случаи перевозки грузов при наличии сдвига груза поперёк вагона ( $\Delta y \neq 0$ ), когда полностью разрушены упорные элементы крепления наружного направления ( $R_{\text{бр.у}} = 0$ ), прибитые вплотную к боковой стороне груза, с сохранением гибких элементов крепления внутреннего направления (т.е.  $R_{0iy} \neq 0$ ,  $R_{0iz} \neq 0$  и  $R_{iy} \neq 0$ ,  $R_{iz} \neq 0$ ) (см. рис. 1). Приводим результаты расчётов устойчивости груза относительно опоры А ( $\eta_{Ay}$ ), которые представлены в виде макета-документа на основе (1) и (2) [10, 11].

$$k_{\text{ду}} = 0.52 \quad k_{\text{дз}} = 0.62 \quad l_{\text{гр}} = 1.39 \quad \Delta y_{01} := 0.104 \quad B_{\text{в}} = 1.435$$

$$\begin{aligned} \text{МудАу} := & G \cdot (l_{\text{гр}} - \Delta y_{01}) + (R_{01} + R_{\text{п1}}) \cdot \left( \frac{h_1}{l_1} \right) \cdot [l_{\text{гр}} + B_{\text{в}} - (\Delta y_{01} + b_1)] \dots \\ & + (R_{01\text{п}} + R_{\text{п1п}}) \cdot \left( \frac{h_{1\text{п}}}{l_{1\text{п}}} \right) \cdot [[l_{\text{гр}} + B_{\text{в}} - (\Delta y_{01} + b_{1\text{п}})]] \dots \end{aligned}$$

$$\dots + (R_{06} + R_{\text{п6}}) \cdot \left( \frac{h_6}{l_6} \right) \cdot [[l_{\text{гр}} + B_{\text{в}} - (\Delta y_{01} + b_6)]] \dots$$

$$\dots + (R_{06\text{п}} + R_{\text{п6п}}) \cdot \left( \frac{h_{6\text{п}}}{l_{6\text{п}}} \right) \cdot [l_{\text{гр}} + B_{\text{в}} - (\Delta y_{01} + b_{6\text{п}})] \dots$$

$$\dots + \left[ (R_{01} + R_{\text{п1}}) \cdot \frac{b_1}{l_1} \cdot h_1 + (R_{01\text{п}} + R_{\text{п1п}}) \cdot \frac{b_{1\text{п}}}{l_{1\text{п}}} \cdot h_{1\text{п}} \dots \right]$$

$$\dots \left[ + (R_{06} + R_{\text{п6}}) \cdot \frac{b_6}{l_6} \cdot h_6 + (R_{06\text{п}} + R_{\text{п6п}}) \cdot \frac{b_{6\text{п}}}{l_{6\text{п}}} \cdot h_{6\text{п}} \right]$$

$$\text{МудАу} = 1.645 \times 10^3 \quad - \text{удерживающий момент, кН.м}$$

$$\text{МопрАу} := I_{ey} \cdot h_{\text{цт}} + I_{ez} \cdot l_{\text{гр}} + F_{rw} \cdot h_{rwz} \quad - \text{опрокидывающий момент, кН.м}$$

$$\text{МопрА} = 1.105 \times 10^3$$

$$\eta_{Ay} := \frac{M_{удAy}}{M_{опрAy}} \quad \text{- коэффициент устойчивости груза относительно опоры } A \text{ при сдвиге поперёк вагона}$$

$$\eta_{Ay} = 1.489.$$

Отсюда очевидно, что груз относительно опоры  $A$  при учёте поперечного сдвига груза при заданных исходных данных, характеризующих состояние пути, учитываемых через коэффициенты поперечной и вертикальной динамики вагона ( $k_{д,y} = 0,52$  и  $k_{д,z} = 0,62$ ), устойчив ( $\eta > 1,25$ ).

В частном случае, когда  $\Delta y = 0$ ,  $R_{0iy} \neq 0$ ,  $R_{0iz} \neq 0$  и  $R_{iy} = R_{iz} = 0$ :  $\eta_{Ay} = 1,066$ , т. е. груз находится на границе устойчивости ( $\eta \approx 1,0$ ).

2. Изложим результаты расчёта потери устойчивости вагона с грузом относительно опоры  $B$  ( $\eta_{By}$ ) при сдвиге груза поперёк вагона ( $\Delta y \neq 0$ ), представляя их в виде макета-документа на основе (3) и (4).

$$k_{д,y} := 0.52 \quad k_{д,z} = 0.62 \quad l_{гр} = 1.39 \quad \Delta y_{01} := 0.104 \quad B_b = 1.435$$

$$M_{удBy} := G_0 \cdot (S - \Delta y_{01}) + (R_{01} + R_{п1}) \cdot \left( \frac{h_1}{l_1} \right) \cdot [S + B_b - (\Delta y_{01} + b_1)] \dots$$

$$+ (R_{01p} + R_{п1p}) \cdot \left( \frac{h_{1p}}{l_{1p}} \right) \cdot [S + B_b - (\Delta y_{01} + b_{1p})] \dots$$

$$\dots + (R_{06} + R_{п6}) \cdot \left( \frac{h_6}{l_6} \right) \cdot [S + B_b - (\Delta y_{01} + b_6)] \dots$$

$$+ (R_{06p} + R_{п6p}) \cdot \left( \frac{h_{6p}}{l_{6p}} \right) \cdot [S + B_b - (\Delta y_{01} + b_{6p})] \dots$$

$$+ \left[ (R_{01} + R_{п1}) \cdot \frac{b_1}{l_1} \cdot (h_1 + h_z) + (R_{01p} + R_{п1p}) \cdot \frac{b_{1p}}{l_{1p}} \cdot (h_{1p} + h_z) \dots \right]$$

$$\dots \left[ + (R_{06} + R_{п6}) \cdot \frac{b_6}{l_6} \cdot (h_6 + h_z) + (R_{06p} + R_{п6p}) \cdot \frac{b_{6p}}{l_{6p}} \cdot (h_{6p} + h_z) \right]$$

$$M_{удBy} = 1.587 \times 10^3 \quad \text{- удерживающий момент, кН.м}$$

$$M_{опрBy} := I_{ey} \cdot (h_{цт} + h_z) + I_{ez} \cdot (S - \Delta y_{01}) + Fr_w \cdot h_{rw}$$

$$M_{опрBy} = 1.285 \times 10^3 \quad \text{- опрокидывающий момент, кН.м}$$

$$\eta_{By} := \frac{M_{удBy}}{M_{опрBy}} \quad \text{- коэффициент устойчивости вагона с грузом относительно опоры } B \text{ при сдвиге груза поперёк вагона}$$

$$\eta_{By} = 1.235.$$

Анализируя полученные результаты вычислительных экспериментов потери устойчивости вагона с грузом относительно опоры  $B$  ( $\eta_{By}$ ) при сдвиге груза поперёк вагона ( $\Delta y \neq 0$ ) можно отметить следующее. Вагон с грузом находится в устойчивом состоянии ( $\eta \approx 1,25$ ), если состояние профиля пути характеризуется коэффициентами поперечной и вертикальной динамики вагона не превышающих значений  $k_{д,y} = 0,52$  и  $k_{д,z} = 0,62$  [3]. В

частном случае, когда  $\Delta y = 0$ ,  $R_{0iy} \neq 0$ ,  $R_{0iz} \neq 0$  и  $R_{iy} = R_{iz} = 0$ :  $\eta_{By} = 0,754$ , вагон с грузом находится в неустойчивом состоянии ( $\eta < 1,0$ ). Такой результат, безусловно, угрожает безопасности перевозочного процесса. Для обеспечения гарантированной безопасности перевозочного процесса в этом случае требуется обеспечить нормальное состояние пути, либо уменьшить скорость движения поезда.

**Выводы.**

1. Результатами проведённых исследований доказана возможность оценки устойчивости колёсной техники (груза) или вагона с грузом при наличии гибких элементов креплений. При этом выполнен расчёт устойчивости груза и вагона с грузом относительно одной из опор, когда-либо отсутствуют или либо полностью разрушены упорные элементы наруж-

ного направления с сохранением гибких элементов креплений внутреннего направления ( $R_{0iy} \neq 0$ ,  $R_{0iz} \neq 0$  и  $R_{iy} \neq 0$ ,  $R_{iz} \neq 0$ ). Отмечено, что именно при таких условиях происходит сдвиг груза поперёк вагона ( $\Delta y \neq 0$ ).

2. Результаты исследований могут быть полезными при разработке схем по размещению и креплению грузов на вагоне.

**Библиографический список**

1. Туранов Х.Т. Оценка устойчивости груза и вагона с грузом относительно одной из опор по методике ТУ / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, О.Ю. Чуйкова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2014. – № 7. – С. 16-21.

2. Приложение 14 к СМГС «Правила размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах». – М.: Планета, 2008. – 191 с.

3. Туранов Х.Т. Теоретическая механика в задачах грузовых перевозок: монография. – Новосибирск: Наука, 2009. – 376 с.

4. Туранов Х.Т. Теоретическая механика в специальных задачах грузовых перевозок: учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта. – Новосибирск: Наука; Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2012. – 447 с.

5. Туранов Х.Т. Повышение надежности перевозки колесной техники на вагоне при расчете гибких элементов крепления под воздействием поперечных сил по новой методике / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Н.Н. Улижева // Транспорт: наука, техника, управление. – 2014. – № 3. – С. 45-51.

6. Туранов Х.Т. Пример расчёта элементов крепления колёсной техники на вагоне при воздействии продольных сил, обеспечивающего стабильность управления перевозочным процессом / Х.Т. Туранов, Е.Д. Псеровская, А.А. Гордиенко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2014. – № 4. – С. 50-57.

7. Туранов Х.Т. Расчёт гибких элементов крепления колёсной техники от воздействия поперечных сил по новой методике при вариации коэффициента поперечной динамики вагона / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Л.А. Рыкова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2014. – № 5. – С. 38-44.

8. Туранов Х.Т. Расчёт рационального количества крепежных изделий при воздействии поперечных сил для обеспечения безопасности перевозки и прочности крепления колесной техники на открытом подвижном составе / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, Л.А. Рыкова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2014. – № 6. – С. 16-21.

9. Туранов Х.Т. Устройство для проверки надёжности креплений груза в железнодорожном вагоне / Х.Т. Туранов, А.Ю. Сумный, Е.Н. Тимухина // Патент на изобретение RUS 2385812 14.07.08.

10. Туранов Х.Т. Программа для ЭВМ «Расчёт продольного и поперечного сдвига груза на открытом подвижном составе и усилия в упругих элементах крепления» / Х.Т. Туранов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ RU № 2013613992 от 22.04.13.

11. Туранов Х.Т. Программа для ЭВМ «Расчёт продольных и поперечных сдвигов груза на открытом подвижном составе и усилий в упругих креплениях при вариации коэффициентов продольной и поперечной динамики вагона» / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ RU 2014614553 от 25.05.2014.

**DETERMINATION OF THE STABILITY OF WHEELED VEHICLES TRANSPORTED ON THE PLATFORM IN THE PRESENCE OF FLEXIBLE MOUNTING ELEMENTS**

**S.A. Sitnikov**, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*  
**Ural State University of Railway Transport**  
**(Russia, Yekaterinburg)**

***Abstract.** The article considers the possibility of assessing the stability of wheeled vehicles or wagons with wheeled vehicles in the presence of flexible mounting elements. An indirect assessment of the influence of vertical fluctuations of the cargo from the impact of the roughness of the track profile on the stability of the cargo during transportation is given.*

***Keywords:** car, platform, wheeled equipment, cargo, thrust bars, flexible fastening elements, load shift across the car, stability of the load and the car with the load.*