

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЖИДКОСТИ В АВТОЦИСТЕРНЕ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

USING THE DYNAMIC EFFECT OF LIQUID SLOSH
IN A TANK VEHICLE TO IMPROVE BRAKING EFFICIENCY

В. П. Сахно¹, д-р техн. наук, проф., **Д. М. Попельш**², асп.,
¹Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина,
²Государственное предприятие «Государственный автотранспорт-
ный научно-исследовательский и проектный институт»,
г. Киев, Украина

V. Sakhno¹, Doctor of Science in Engineering, Professor,
D. Popelysh², Postgraduate Student,

¹National Transport University, Kiev, Ukraine

²State Enterprise «State Road Transport Research Institute,
Kiev, Ukraine

В данной работе рассмотрена возможность преобразовывать негативное влияние перемещения жидкости на тормозные показатели автопоезда-цистерны в положительный эффект.

The article considers the possibility of converting the negative effect of fluid movement into a positive effect for the braking performance of a tank vehicle combination.

Ключевые слова: автопоезд, автоцистерна, частично заполненная цистерна, торможение.

Key words: vehicle combination, tank vehicle, partially filled tank, braking.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ перемещения жидкости внутри частично наполненной автоцистерны с помощью механической эквивалентной модели в процессе торможения автопоезда показал, что помимо негативно-го влияния на тормозные показатели, существуют и потенциально положительные характеристики этого явления.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ЦИСТЕРНЕ НА ТОРМОЗНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АВТОПОЕЗДА

Рассмотрим автопоезд, который экстренно тормозит на ровной горизонтальной поверхности. Автопоезд оборудован системой антиблокировки колес и системой распределения тормозного усилия, которые позволяют при торможении максимально использовать силу сцепления каждого колеса с опорной поверхностью. Для целей изучения динамического влияния жидкого груза на автоцистерну пренебрежем силами сопротивления качению колес и сопротивлению воздуха, и тогда сила торможения с учетом принятых условий будет равна [1]:

$$P_m = P_u = Z_1 \cdot \mu + Z_2 \cdot \mu + Z_6 \cdot \mu = (Z_1 + Z_2 + Z_6) \cdot \mu, \quad (1)$$

где Z_1, Z_2, Z_6 – нормальные реакции опорной поверхности на передней, задней осях тягача и ходовой тележке полуприцепа соответственно; μ – коэффициент сцепления колес с опорной поверхностью; P_n – силы инерции автопоезда.

Разделим вес автопоезда на составляющие и выражение (1) примет следующий вид:

$$(Z_1 + Z_2 + Z_6) \cdot \mu = \frac{(G + G_1 + G_2)}{g} \cdot J, \quad (2)$$

где G, G_1, G_2 – вес тягача, полуприцепа и груза соответственно; J – ускорение автопоезда.

Так как сумма нормальных реакций опорной поверхности на все оси автопоезда равна весу автопоезда, то замедление во время экстренного торможения будет зависеть только от коэффициента сцепления:

$$J = g \cdot \mu. \quad (3)$$

Для описания поведения жидкости в цистерне используем механическую эквивалентную модель [2], согласно которой масса жид-

кого груза m при перемещении в цистерне принимает участие в замедлении и выражение (2) преобразуется к виду:

$$(Z_1 + Z_2 + Z_6) \cdot \mu = \left(\frac{G + G_1 + G_2}{g} - m \cdot \cos \left(\sqrt{\frac{k}{m}} t \right) \right) \cdot J. \quad (4)$$

Отсюда следует, что замедление во время экстренного торможения автоцистерны становится зависимым от течения времени t с момента начала торможения:

$$J(t) = \frac{g \cdot \mu}{1 - m \cdot g \cdot \cos \left(\sqrt{k/m} \cdot t \right) / (G + G_1 + G_2)}. \quad (5)$$

Анализ выражений (4) и (5) показывает, что замедление автомобиля с жидким грузом с первоначального момента торможения будет большим, чем при торможении с эквивалентным жестко закрепленным грузом до тех пор, пока выражение $\cos \left(\sqrt{k/m} \cdot t \right)$ не достигнет значений ≤ 0 , т. е. теоретически движение жидкости относительно цистерны приводит к уменьшению тормозного пути S_T (рисунок 1).

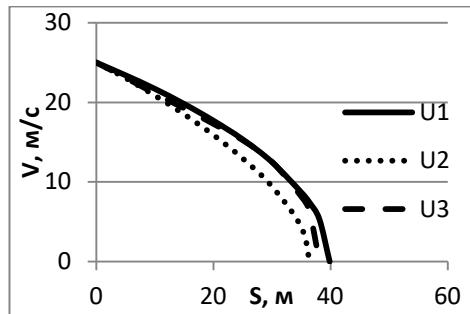


Рисунок 1 – Диаграммы тормозного пути

$U1$ – торможение автопоезда с жестко закрепленным грузом, $U2$ – торможение автопоезда с односекционной цистерной, $U3$ – торможение автопоезда с цистерной с тремя секциями

Сокращение S_T в этом случае объясняется тем, что часть суммарной кинетической энергии автопоезда во время торможения тратится на преодоление сопротивления внутреннему перемещению жидкости, что может дать положительный с точки зрения торможения эффект, если расположить волнорезы внутри цистерны с наклоном, как показано на рисунке 2.

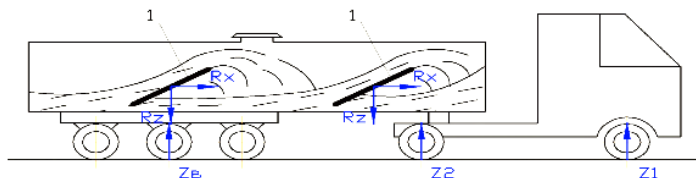


Рисунок 2 – Использование перемещения жидкости внутри цистерны для повышения эффективности тормозных показателей автопоезда за счет волнорезов (поз.1), которые расположены под наклоном

При торможении жидкость, смещаясь вперед, набегаёт на наклонные волнорезы цистерны, благодаря чему на них возникает реакция R , составляющая которой R_z увеличивает сумму реакций опорной поверхности $Z_1 + Z_2 + Z_x$, и как следствие, силу P_T .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные теоретические исследования показали, что перемещение жидкости внутри цистерны может не только отрицательно влиять на тормозные свойства автоцистерны, но в некоторых случаях иметь и положительный эффект. Однако следует отметить, что реализация подобного решения на практике не будет столь однозначным и необходимы дальнейшие исследования, в том числе экспериментальные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов, Г. А. Теория движения колесных машин : учеб. / Г. А. Смирнов. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.
2. Автоматическое определение режима торможения автопоезда с частично наполненной цистерной / В. П. Сахно, Д. М. Попельш, С. М. Томчук // Автошляховик України. – 2020. – № 4.

Представлено 22.03.2021