

верхностью 1, передней 2 и задней 3 стенками, действуют на поперечные перегородки 4, жестко соединенные с продольным валом 6, вызывая их вращение и передавая его через шкив 9 и ремень 11 на генератор 10, который будет вырабатывать электроэнергию. При этом энергия поступательно-го движения жидкости будет преобразовываться во вращательное движение турбин и вала и, в конечном счёте, в электрическую обеспечивая тем самым эффективное гашение инерционных сил, исключая разрушение стенок цилиндрической поверхности котла 1 и обеспечивая безопасность перевозок.

Представленный в статье материал позволяет сделать вывод, что используемые в настоящее время железнодорожные и автомобильные цистерны не совершенны и не могут гарантировать безаварийность перевозок жидкостей.

Предложенные авторами конструкции цистерн могут не только исключить аварии, но и эффективно использовать образующуюся энергию от действия инерционных сил центра масс перевозимой жидкости, являющимися разрушающими в используемых ныне цистернах.

### **Список использованной литературы**

1. Шимановский А.О., Тимошенко В.Я., Новиков А.В., Кузнецова М.Г., Кошля Г.И. «Обеспечение безопасности перевозки жидких грузов совершенствованием конструкций цистерн»: – Статья опубликованная в журнале изобретатель – № 6. – С. 44–47.

2. Цистерна для перевозки жидких грузов: патент на полезную модель 8705 Респ. Беларусь МПК В 60Р 3/22/ В.Я. Тимошенко, Г.И. Кошля, А.В. Нагорный; заявитель Белорусский государственный аграрный технический университет. – № и 20120384; заявл. 2012.04.06; опубл. 2012.10.30.

УДК 629.365:658.345

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ЖИДКИХ ГРУЗОВ АВТОЦИСТЕРНАМИ**

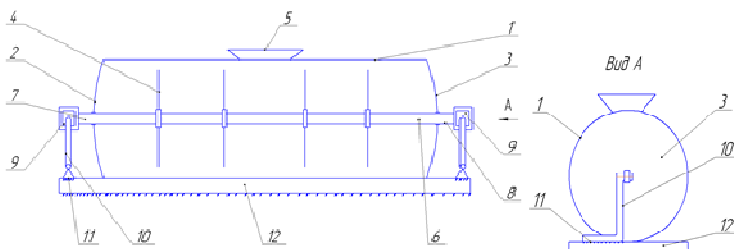
Г.И. Кошля – аспирант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент В.Я. Тимошенко  
*БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

Немалая часть автоцистерн производится для нужд сельского хозяйства. Тут и перевозка молока, и перевозка химических удобрений и даже нефтепродуктов для сельскохозяйственной техники. Для повышения эффективности грузоперевозок иногда используют целую колонну автомобильных цистерн, которые в свою очередь оснащены дополнительными цистернами прицепами.

Нами предложены конструкции цистерн, в которых вызываемые перемещением центра тяжести жидкости инерционные силы воспринимаются платформой, на которой закреплена цистерна [3].

Суть варианта предложения состоит в том, что передача инерционных сил на платформу обеспечивается через торсион (рисунок).



- 1 – цилиндрическая оболочка (котёл), 2 – передняя стенка, 3 – задняя стенка, 4 – поперечные перегородки, 5 – заливная горловина, 6 – продольный стержень, 7 – передний конец стержня, 8 – задний конец стержня, 9 – шарнирное соединение верхнего конца переднего торсиона с передним концом продольного вала, 10 – торсионы, 11 – жесткое соединение нижних концов торсионов с платформой транспортного средства, 12 – платформа

Рисунок – Цистерна для перевозки жидких грузов

Передача этих усилий осуществляется следующим образом. Силы инерции, возникающие при трогании с места или торможении транспортного средства перевозящего жидкий груз, залитый через горловину 5 и находящийся в объеме между цилиндрической поверхностью 1, передней 2 и задней 3 стенками, действуют на поперечные перегородки 4, жестко соединенные с продольным валом 6, вызывая при этом его перемещение в направлении действия сил. Торсионы 10, верхние концы которых шарнирно соединены с концами 7 и 8 продольного вала 6 и жестко – с платформой 12 будут воспринимать силы инерции центра тяжести жидкости и передавать их на платформу, обеспечивая тем самым эффективное их гашение, исключая разрушение стенок цилиндрической поверхности котла 1 и обеспечивая безопасность перевозок.

В качестве способов определения координат центров тяжести тел С.М. Тарг выделяет следующие [1]:

Разбиение. В случае, если тело, поиск центра тяжести которого осуществляется, может быть разбито на конечное число частей, для каждой из которых положение центра тяжести известно, то координаты центра тяжести всего тела могут быть вычислены в соответствии с формулами (1)-(3) [1]:

$$x_c = \frac{1}{P} \sum p_k x_k, \quad y_c = \frac{1}{P} \sum p_k y_k, \quad z_c = \frac{1}{P} \sum p_k z_k \quad (1)$$

где  $P$  – вес всего однородного тела;  $p_k$  – величина сил тяжести, действующих его части;  $x_k, y_k, z_k$  – координаты точек приложения сил тяжести, действующих на части однородного тела;

$$x_c = \frac{1}{V} \sum v_k x_k, \quad y_c = \frac{1}{V} \sum v_k y_k, \quad z_c = \frac{1}{V} \sum v_k z_k \quad (2)$$

где  $V$  – объём всего тела;  $v_k$  – объём его частей.

$$x_c = \frac{1}{S} \sum s_k x_k, \quad y_c = \frac{1}{S} \sum s_k y_k, \quad z_c = \frac{1}{S} \sum s_k z_k \quad (3)$$

где  $S$  – площадь всего тела;  $s_k$  – площадь его частей.

При этом в рамках метода разбиения число слагаемых в каждой из сумм будет равно числу частей, на которые разбито тело.

Интегрирование. В случае, если тело не может быть разбито на конечное число частей, положения центров тяжести, которых будут известны, то тело может быть разбито сначала на произвольные малые объёмы, для которых формулы (2) будут принимать следующий вид (4):

$$x_c = \frac{1}{V} \sum \Delta v_k x_k, \quad y_c = \frac{1}{V} \sum \Delta v_k y_k, \quad z_c = \frac{1}{V} \sum \Delta v_k z_k \quad (4)$$

где  $\Delta v_k$  – произвольный малый объём однородного тела;

$x_k, y_k, z_k$  – координаты некоторой точки, которая лежит внутри объёма  $\Delta v_k$ .

В полученном равенстве (4) осуществляется переход к пределу, в рамках которого будет стремиться к нулю (т. е. будет осуществлено стягивание малых объёмов в точки). В таком случае стоящие в равенствах суммы будут обращены в интегралы, распространённые на весь объём тела. Таким образом, формула (4) будет дана в пределе в соответствии с формулой (5):

$$x_c = \frac{1}{V} \int_{(V)} x dv, \quad y_c = \frac{1}{V} \int_{(V)} y dv, \quad z_c = \frac{1}{V} \int_{(V)} z dv \quad (5)$$

где  $\Delta v_k$  – произвольный малый объём однородного тела;

$x_k, y_k, z_k$  – координаты некоторой точки, которая лежит внутри объёма  $\Delta v_k$ .

Экспериментальный способ. В случае определения центра тяжести неоднородных тел сложной конфигурации, это может быть осуществлено экспериментальным путем.

Из формулы (6) коэффициента поперечной устойчивости цистерны против опрокидывания, представленной в работе Б.Л. Кулаковского [7] вытекает, что поперечная устойчивость автоцистерны против опрокиды-

вания зависит от величины смещения центра тяжести перевозимого жидкого груза в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

$$\eta_{\beta\psi}^{\zeta} = \frac{G_a \frac{B}{2} (C_{\psi} - G_K h_{\psi}) - G_{\Gamma} y C_{\psi}}{G_a h_a (C_{\psi} - G_K h_{\psi}) + G_K^2 h_{\psi}^2 + G_{\Gamma} z C_{\psi}} \quad (6)$$

где  $G_a$  – общая сила веса автомобиля (Н);  $G_{\psi}$  – суммарная угловая жесткость подвески автомобиля (кг·м/рад);  $B$  – колея автомобиля (м);  $G_K$  – сила веса подрессоренной массы (кузова) автомобиля (Н);  $h_{\psi}$  – плечо крена кузова (м);  $G_{\Gamma}$  – сила веса жидкого груза (м);  $y$  и  $z$  – смещения центра тяжести жидкого груза в горизонтальном и вертикальном направлениях соответственно.

Анализируя представленную в статье [6] формулу:

$$p = p_1 + \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (7)$$

где  $p_1$  – давление в свободном от жидкости пространстве;  $R_1$  и  $R_2$  – радиусы кривизны свободной поверхности;  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения;

Таким образом смещение центра тяжести перевозимого жидкого груза в горизонтальной и вертикальной плоскостях существенным образом влияет на поперечную устойчивость автоцистерны.

### Список использованной литературы

1. Высоцкий, М.С., Плескачевский, Ю.М. Обеспечение безопасности движения автоцистерн на основе оптимизации конструкции кузова / М.С. Высоцкий, Ю.М. Плескачевский, А.О. Шимановский // Механика машин, механизмов и материалов. – 2012. – № 3 (20)–4 (21) – С. 142–148.

2. Цистерна: патент на изобретение 8273 Республика Беларусь МПК7 В 65D 88/12, В60 Р 3/22 / В.Я. Тимошенко, А.О. Шимановский, А.В. Новиков, Г.И. Кошля; заявитель Белорусский государственный аграрный технический университет. – № и 20110870; заявл. 2011.11.08; опубл. 2012.06.30.

УДК 629.365:658.345

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЦИСТЕРНЫ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ НАЛИВНЫХ ГРУЗОВ

Г.И. Кошля – аспирант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент В.Я. Тимошенко

*БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

Немалая часть автоцистерн производится для нужд сельского хозяйства. Тут и перевозка молока, и перевозка химических удобрений и даже