

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

нефтепродуктов для сельскохозяйственной техники. Существуют специальные версии автоцистерн, оборудованные более мощным двигателем и более проходимыми колёсами. Всё это облегчает доставку грузов в отдалённые районы. Для повышения эффективности грузоперевозок иногда используют целую колонну автомобильных цистерн, которые в свою очередь оснащены дополнительными цистернами прицепами. Данная схема транспортировки намного выгоднее, чем, если бы одна или две машины доставляли груз в какой либо отдалённый район.

Все цистерны могут быть классифицированы по ряду признаков. По конструктивным их разделяют на рамные и несущие. Грузы, перевозимые цистернами, бывают опасные и неопасные к последним относятся пищевые наливные грузы.

К опасным грузам относят следующие виды жидких грузов: сжиженные газы; жидкие горючие материалы; отравляющие вещества; окисляющие и едкие вещества.

К пищевым жидким грузам относятся: соки; растительные масла; сиропы, патока, шоколад, глюкоза; алкогольные напитки; молочные продукты и многое другое.

Для транспортировки всех вышеперечисленных видов пищевых грузов пригодны только автоцистерны. Они должны соответствовать международным нормативам, чтобы быть допущенными к перевозкам. В большинстве своем цистерны конструируются из специальных некоррозионных материалов из нержавеющей или углеродистой стали, но встречаются еще алюминиевые. Существуют грузы, которые, во время транспортировки, требуют соблюдения особого температурного режима, поэтому они доставляются по месту назначения в специальных цистернах с подогревом.

Особенностью жидкостей является их существенное расширение при нагревании, поэтому при погрузке в резервуаре оставляется свободное пространство. Это позволяет избежать разрывов оболочек их котлов, вызванных значительным ростом внутреннего давления при внешних тепловых воздействиях.

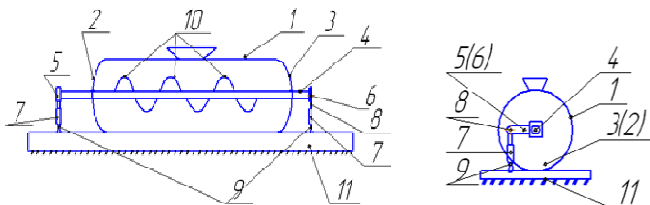
Так как различные жидкости расширяются по-разному, то уровень заполнения железнодорожных цистерн зависит от вида перевозимой жидкости [1]. Поэтому нередко приходится перевозить цистерны, заполненные ниже установленного уровня.

При транспортировке частично заполненной цистерны возрастает вероятность возникновения опасной ситуации. Колебания жидкого груза внутри резервуара могут приводить к существенному снижению продольной и поперечной устойчивости и управляемости транспортного средства и вести к увеличению нагрузок на конструкцию цистерны. Влияние перемещения жидкости в цистерне на динамику транспортного средства существенно растёт при увеличении веса транспортного средства и его размеров [2].

Цистерны без устройств для гашения колебаний жидкости отличаются большими перемещениями центра масс груза в резервуаре. Это приводит к значительным продольным гидродинамическим нагрузкам, действующим на днища. С целью снижения этих нагрузок внутри цистерн устанавливают перегородки, как проницаемые, так и непроницаемые [3]. В некоторых случаях для снижения опасности опрокидывания дополнительно устанавливают волнорезы, ограничивающие перемещение жидкости в поперечном направлении. Однако санитарные нормы запрещают использование перегородок в цистернах, предназначенных для перевозки продуктов питания (например, молока) из-за трудностей при очистке внутренней части резервуара. В связи с этим перевозка жидкостей в резервуарах требует специальных навыков водителя, учитывающих специфику динамических свойств автоцистерн. Наибольшей сложностью отличается управление цистернами без перегородок, особенно при разгоне и торможении. Есть свои особенности и при эксплуатации цистерн, разделенных на отсеки. В частности, водитель должен следить за тем, чтобы разность нагрузок, приходящихся на передние и задние колеса транспортного средства, не была очень большой.

Нами предложены технические решения, которые позволяют существенно снизить влияние колеблющейся жидкости как на устойчивость движения цистерн, так и нагруженность их конструкций.

Гашение возникающих инерционных сил при изменении скорости или направления движения автоцистерны и прицепа-цистерны возможно и за счёт применения двух амортизаторов двойного действия (рисунок), установленных на платформе спереди и сзади цистерны.



- 1 – цилиндрическая поверхность, 2 – передняя стенка, 3 – задняя стенка,  
 4 – продольный вал, 5,6 – рычаги, 7 – амортизаторы, 8 – шарнирное соединение,  
 9 – кронштейн крепления амортизаторов, 10 – перегородки, 11 – платформа;  
 12 – платформа

Рисунок – Цистерна для перевозки жидких грузов

Силы инерции жидкости, находящейся в объеме между цилиндрической поверхностью 1 и стенками 2 и 3, возникающие при торможении, трогании с места и повороте транспортного средства, будут воздействовать на перегородки цистерны 10, представляющие собой фрагменты спирали шнека, жестко закрепленные на продольном валу 4, заставляя его

вращаться в опорах передней 2 и задней 3 стенок, трансформируя тем самым энергию поступательного движения жидкости в энергию вращательного движения продольного вала 4 и передавая ее через жестко закрепленные на концах продольного вала 4 рычаги 5 и 6, шарнирные соединения 8, кронштейны 9 крепления амортизаторов к платформе и амортизаторы 7 на платформу 11. Это будет исключать разрушение стенок цилиндрической поверхности цистерны, так как внутренние поперечные перегородки 10 крепятся на продольном валу 4, а передняя 2 и задняя 3 стенки не будут испытывать ударных нагрузок от действия сил инерции, так как их энергия трансформируется в энергию вращения продольного вала 4, которая поглощается амортизаторами двойного действия 7. Таким образом, предложенные конструкции позволяют преобразовать кинетическую энергию транспортируемого жидкого груза в иные виды энергии, что дает возможность более эффективно гасить колебания жидкостей по сравнению с существующими, и, в конечном счете, улучшить устойчивость и управляемость автомобильных цистерн.

Применение цистерн с устройством передачи инерционных сил на платформу позволит избежать аварии, часто встречающиеся при использовании традиционных цистерн.

Предложенные конструкции перегородок значительно снижают колебания жидкости и её кинетическую энергию при торможении и трогании с места.

#### **Список использованной литературы**

1. Островский А.М. Пути совершенствования транспортирования опасных грузов в условиях интенсификации перевозочного процесса: дис. д-ра техн. Наук: 05.22.08 / А.М. Островский; Новосибирск, ин-т инж. ж.-д.трансп. – Новосибирск, 1988. – 421 л.
2. Высоцкий, М.С. Динамика автомобильных и железнодорожных цистерн / М.С. Высоцкий, Ю.М. Плескачевский, А.О. Шимановский. – Мн.: Белавтотракто-ростроение, 2006. – 320 с.
3. Цистерна: патент на полезную модель Республика Беларусь МПК7 В 65D 88/12, В60 Р 3/22 / Г.И. Кошля, В.Я. Тимошенко, Новиков; заявитель Белорусский государственный аграрный технический университет. – №u20130443; заявл. 2013.05.28; опубл. 2013.12.30.

УДК 631.47.3.072

### **СНИЖЕНИЯ БОКОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОРПУСА ПЛУГА**

А.В. Нагорный – аспирант

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Д.А. Жданко  
*БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

Сельское хозяйство многоотраслевое и наряду с растениеводством, в большинстве предприятий АПК Республики Беларусь развита животно-