

УДК 629.365:658.345

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЦИСТЕРН С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ НАЛИВНЫХ ГРУЗОВ

Тимошенко В.Я.

Кошля Г. И.

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Несмотря на постоянное развитие трубопроводного транспорта, более половины объема жидких грузов перевозится железнодорожными и автомобильными цистернами. Вследствие различных физических и химических свойств транспортируемых жидкостей для их перевозки используются различные виды железнодорожных и автомобильных цистерн. Железнодорожные цистерны отличаются от автомобильных большим объемом, так как они проектируются исходя из обеспечения максимально допустимой нагрузки на ось колесной пары. Резервуары автомобильных цистерн имеют разные объёмы, так как предназначены для перевозки различных жидкостей на различные расстояния и разным потребителям. В зависимости от конкретных условий, в которых предполагается эксплуатировать автоцистерны, их грузоподъемность может изменяться от 1 до 75 т.

Немалая часть автоцистерн производится для нужд сельского хозяйства. Тут и перевозка молока, химических удобрений и нефтепродуктов для сельскохозяйственной техники. Существуют специальные версии автоцистерн, оборудованные более мощным двигателем и более проходимыми колёсами. Всё это необходимо для доставки грузов в отдалённые районы в любое время года. 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.

Однако, при перевозке жидких грузов как железнодорожными, так и автоцистернами имеют место частые случаи железнодорожных и автомобильных аварий, приводящих не только к экономическим потерям, но и к человеческим жертвам [1]. Случаются они вследствие несовершенства конструкций цистерн, в которых отсутствуют эффективные средства гашения инерционных сил центра масс жидкости, возникающих при торможении, трогании с места и поворотах транспортных средств.

Целью настоящей статьи является анализ конструкций цистерн, проблем, возникающих при перевозке ими жидкостей и обоснование методом обзорного и патентного исследований конструкции цистерны, обеспечивающей безопасность перевозки различных, в том числе, опасных и агрессивных жидкостей.

Чтобы обосновать конструкцию цистерны, где бы эффективно погашались возникающие силы инерции, необходимо провести обзорное исследование существующих конструкций цистерн и применяющихся в них средств гашения инерционных сил, а также перевозимых грузов.

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 (пропан, бутан, водород, кислород, азот, хлор)
- Жидкие горючие материалы (бензин, дизельное топливо, керосин, растворители, нефть)
- Отраваляющие вещества (пестициды, агроудобрения, инсектициды и др.)
- Окисляющие и едкие вещества (серная, соляная, азотная кислоты, пероксиды).

К пищевым жидким грузам относятся:

- Соки (концентраты, свежие, пюре)
- Растительные масла (оливковое, подсолнечное, соевое, пальмовое), жиры
- Сиропы, патока, шоколад, глюкоза
- Алкогольные напитки (пиво, вино, виноматериалы, спирт)
- Молочные продукты (свежее, концентрированное молоко, йогурт, кефир) 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 некоррозийных 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. 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. Например, вследствие относительного

перемещения жидкости по направлению движения автомобиль, остановившийся на скользкой поверхности перед светофором, может быть вытолкнут силами инерции колеблющегося груза на перекресток. Влияние перемещения жидкости в цистерне на динамику транспортного средства существенно растет при увеличении веса транспортного средства и его размеров [2].

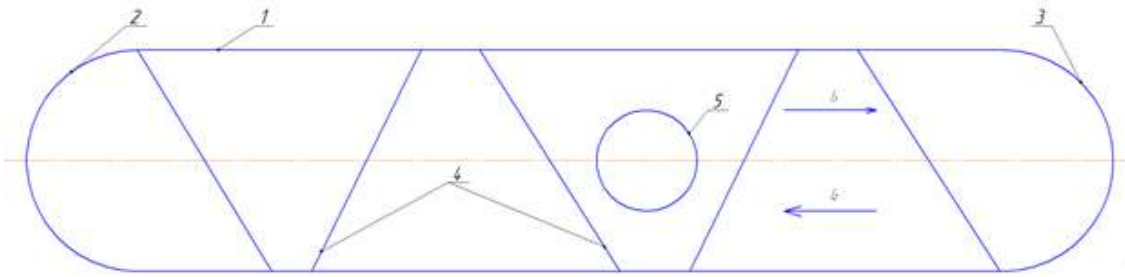
Встречающиеся при эксплуатации транспортных средств случаи аварий цистерн приводят к значительному ущербу для окружающей среды, связанному с утечкой перевозимых токсичных грузов. Кроме того, аварии, происходящие при транспортировке опасных грузов, могут приводить к взрывам и пожарам.

Поскольку в результате аварий, происходящих при эксплуатации подвижного состава, перевозящего жидкие грузы, наносится значительный ущерб подвижному составу и грузам, окружающей среде и здоровью людей, то проблема обеспечения безопасности движения транспортных средств, перевозящих жидкости, весьма актуальна.

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 устанавливаются перегородки, как проницаемые, так и непроницаемые [3]. В некоторых случаях для снижения опасности опрокидывания дополнительно устанавливаются 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 поверхности 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.

Представленные обзорные исследования показывают необходимость рассмотрения механизма возникновения инерционных сил центра масс перевозимых жидкостей для обоснования конструкции и параметров устройства для их гашения.

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



1 – цилиндрическую поверхность, 2 – переднюю стенку, 3 – заднюю стенку, 4 – поперечные перегородки, 5 – заливную горловину

**Рис. 1. Цистерна для перевозки жидких грузов**

Поставленная задача достигается тем, что в цистерне, содержащей боковую цилиндрическую поверхность, переднюю и заднюю стенки, заливную горловину и внутренними поперечными перегородками, где внутренние поперечные перегородки жестко связаны с цилиндрической поверхностью под углом.

На рисунке 1 изображена схема цистерны для перевозки жидких грузов с внутренними перегородками (вид сверху).

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 связаны с цилиндрической поверхностью под углом, будут воспринимать силы инерции жидкости и тем самым их гасить за счёт разности длин волн  $l_1$ ,  $l_2$ . Таким образом, предложенная конструкции позволяет преобразовать кинетическую энергию транспортируемого жидкого груза в иные виды энергии, что даёт возможность более эффективно гасить колебания жидкости по сравнению с существующими, в конечном счёте, улучшить устойчивость и управляемость автомобильных цистерн.

#### ***Список использованных источников***

1. Островский А.М. Пути совершенствования транспортирования опасных грузов в условиях интенсификации перевозочного процесса: 05.22.08. Новосибирск, ин-т инж. ж.-д. трансп. Новосибирск, 1988. 421 л.

2. Высоцкий М. С., Плескачевский Ю. М., Шимановский А. О. Динамика автомобильных и железнодорожных. Мн.: Белавтотракторостроение, 2006. 320 с.

3. Цистерна: пат. 23195 Респ. Беларусь МПК7 В 65D 88/12 / В.Я. Тимошенко, Г.И. Кошля, Матюшенцев А.В.; заявитель УО «Белорусский государственный аграрный технический университет». № а 20190137; заявл. 2019.05.04; опубл. 2020.10.30.