

по сравнению с существующими, в конечном счёте, улучшить устойчивость и управляемость автомобильных цистерн.

#### Список литературы

1. Островский А.М. Пути совершенствования транспортирования опасных грузов в условиях интенсификации перевозочного процесса: 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.: 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.

**УДК 629.365:658.345**

### **УЛУЧШЕНИЕ УСТРОЙСТВ ЦИСТЕРН С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ НАЛИВНЫХ ГРУЗОВ**

**В.Я. Тимошенко, Г.И. Кошля**

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Республика Беларусь, г. Минск,  
27genko@mail.ru*

В сельском хозяйстве для перевозки жидкостей используются автоцистерны. Для выполнения технологических операций по внесению жидких удобрений и обработке сельскохозяйственных культур против вредителей и болезней используются в т.ч. и прицепные емкости. Особенность использования последних состоит в том, что перед доставкой жидкости в поле они заполняются ею полностью и кратко временно, до прибытия в поле, пребывают в таком состоянии. При выполнении технологического процесса жидкость расходуется, емкость постепенно опорожняется, а остающаяся в ней жидкость начинает колебаться. При этом с увеличением степени опорожнения ёмкости возрастают амплитуда и частота колебаний жидкости, что, в конечном счете, приводит к увеличению инерционных сил её центра масс и вероятности их опрокидывания МТА, особенно при работе его на склонах.

При перевозке жидких грузов имеют место аварии, приводящие не только к экономическим потерям, но и человеческим жертвам [1]. Случаются они не только из-за несоблюдения требований безопасности перевозок, но и вследствие несовершенства конструкций цистерн, в которых отсутствуют эффективные средства гашения инерционных сил жидкости, возникающих при движении по неровным дорогам, на уклонах, торможении, трогании с места и поворотах транспортных средств.

Целью настоящей работы является обзорное исследование особенностей эксплуатации цистерн для транспортировки жидкостей, а также технологических емкостей, используемых в сельском хозяйстве, выявление недостатков в их работе и обоснование предложений по совершенствованию

конструкции, обеспечивающей безопасность перевозки жидкостей, их сохранность и надежную эксплуатацию емкостей.

Жидкости при нагревании имеют значительное расширение, что учитывается при загрузке их в резервуар - там оставляется свободное пространство, что позволяет избежать потерь жидкости и разрывов оболочек их котлов. Так как различные жидкости имеют разные коэффициенты теплового расширения, то и уровень заполнения цистерн разный и зависит от вида перевозимой жидкости [1]. При транспортировке частично заполненной цистерны возникают колебания жидкости, что приводит к существенному снижению продольной и поперечной устойчивости и управляемости транспортного средства. Влияние перемещения жидкости в цистерне на динамику транспортного средства существенно растет при увеличении веса транспортного средства и его размеров [2].

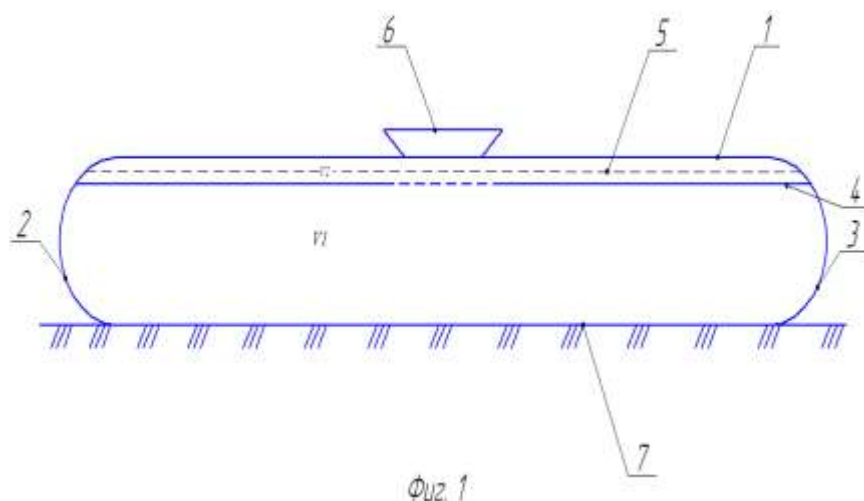
Встречающиеся при эксплуатации цистерн случаи аварий приводят к значительному ущербу для окружающей среды, связанному с утечкой перевозимых токсичных грузов.

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 поперечные перегородки, как проницаемые, так и непроницаемые [2, 8]. Однако, возникающие в результате колебаний жидкости инерционные силы бывают настолько значительными, что имели место разрывы котлов цистерны в местах крепления к ним перегородок.

Представленные обзорные исследования показывают необходимость изучения механизма колебаний жидкости в цистерне и обоснования эффективной конструкции цистерны, обеспечивающей предупреждение возникновения опасных колебаний жидкости или устройства для их демпфирования и его параметров.

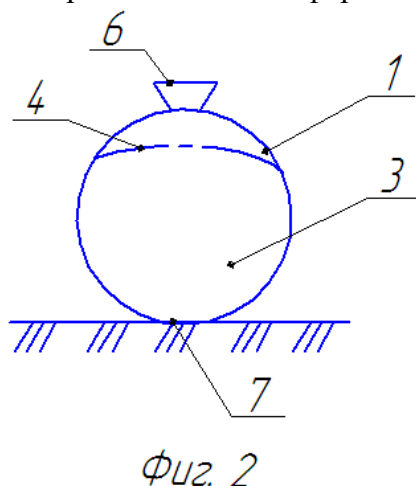
Ранее авторами были предложены новые технические решения [3, 4, 5, 6], позволяющие существенно снизить влияние колеблющейся жидкости, как на устойчивость движения цистерн, так и на нагруженность их резервуаров. Многими авторами предложены различные другие демпфирующие устройства [1, 2] позволяющие снизить инерционные силы центра масс жидкости, возникающих при её перевозке. Однако вопросу предупреждения возникновения инерционных сил центра масс перевозимой жидкости не уделялось внимания.

Белорусским государственным аграрным техническим университетом (БГАТУ, г. Минск) предложено устройство (решение о выдаче патента на изобретение от 2019. 06. 10. №а 20180016) [7], которое предназначено для предупреждения колебаний жидкости, возникающих при переходных режимах движения транспортных средств с емкостями для жидкостей, путем установки в емкости вместо демпфирующих поперечных перегородок одной продольной горизонтальной (рис. 1а, 1б).



**Рис. 1а. Цистерна для перевозки жидких грузов (вид сбоку):**

1 – котел; 2 – переднее днище; 3 – заднее днище; 4 - продольная горизонтальная перегородка; 5 – верхний уровень заполнения цистерны жидкостью; 6 – заливная горловина. 7 – платформа



**Рис. 1б. Цистерна для перевозки жидких грузов (вид сзади):**

1 – котел; 3 – заднее днище; 4- продольная горизонтальная перегородка; 7 – платформа.

Такая перегородка 4 устанавливается в верхней части емкости и делит её на две неравные части с объёмами  $V_1$  и  $V_2$  (Рис.1а, 1б). Нижняя часть емкости будет иметь объём  $V_1$  в разы превышающий объём верхней части  $V_2$  т.е.

$$V_1 : V_2 = k$$

По нашему мнению, значение  $k$  должно быть в пределах 1,0...15,0, однако, эти значения требуют теоретического обоснования с учетом физико-химических свойств жидкости, коэффициента её теплового расширения, общего объема цистерны и других показателей.

При таком расположении продольной горизонтальной перегородки жидкость, находящаяся в доверху заполненной нижней части емкости объёмом  $V_1$ , будет лишена возможности колебаться, так как над перегородкой будет находиться другой, меньший колеблющийся объём  $V_2$  жидкости. При такой конструкции емкости (цистерны) уровень жидкости в объёме  $V_2$  не

окажет существенного влияния на изменение инерционных сил. Колебания будет совершать только жидкость, находящаяся в меньшем объеме  $V_2$ , который многократно меньше объема  $V_1$ . Такая конструкция цистерн и технологических ёмкостей МТА позволит предупредить возникновение значительных колебаний центра масс перевозимой ими жидкости и исключить частые аварии, случающиеся с ними.

Однако, координаты размещения продольной горизонтальной перегородки необходимо выбирать обоснованно. При этом следует учитывать значения инерционных сил центра масс жидкости, заключенной в объеме  $V_1$ . При определении значений этих сил необходимо учитывать факторы их определяющие: скорость движения транспортного средства или технологической ёмкости, колебания собственно транспортного средства из-за неровностей дороги и при движении под уклон, интенсивность торможения, углы поворота и скорость движения на повороте.

подавляющее большинство исследований эксплуатации цистерн при перевозках жидкостей посвящены изысканию способов и средств гашения инерционных сил, возникающих из-за неполноты заполнения цистерн жидкостью, а вопросу предупреждения возникновения этих сил уделялось незначительное внимание.

Предложенное авторами устройство позволяет предупредить возникновение опасных колебаний жидкости и обеспечить тем самым безаварийную работу цистерн, как при перевозках жидкости, так и при работе технологических МТА.

#### Список 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; Новосибирский институт инженеров железнодорожного транспорта. – Новосибирск, 1988. – 421 л.
2. Высоцкий, М.С. Динамика автомобильных и железнодорожных цистерн / М.С. Высоцкий, Ю.М. Плескачевский, А.О. Шимановский. – Мн.: Белавтотракторостроение, 2006. – 320 с.
3. Кошля Г.И., Тимошенко В.Я., Новиков А.В. Цистерна, патент на полезную модель №9715 от 2013.12.30.
4. Тимошенко В.Я., Шимановский А.О., Новиков А.В., Кошля Г.И. Цистерна, патент на полезную модель №8273 от 2012.06.30.
5. Тимошенко В.Я., Кошля Г.И., Нагорный А.В. Цистерна, патент на полезную модель №8705 от 2012.10.30.
6. Тимошенко В.Я., Шимановский А.О., Новиков А.В., Кошля Г.И. Цистерна, патент на изобретение №18370 от 2014.06.30.
6. Тимошенко В.Я., Кошля Г.И., Жданко Д.А., Новиков А.В. Цистерна, решение Национального центра интеллектуальной собственности о выдаче патента на изобретение от 2019. 06. 10. №а 20180016.
7. Савкин, В.Н. Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов транспортных средств / В.Н. Савкин, В.И. Водопьянов, О.В. Кондратьев. – Волгоград: ВолгГТУ, 2014. – С. 119.