

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ В ЭЛЕМЕНТАХ КРЕПЛЕНИЯ ТРУБ НА ПЛАТФОРМАХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*И. А. ВОРОЖУН*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Безопасность перевозок на автомобильном транспорте неразрывно связана с проблемой надежного крепления грузов. Действующие в Республике Беларусь Правила устанавливают, что силы, действующие на груз, должны компенсировать силу, которая составляет не менее 0,8 веса груза в направлении вперед и 0,5 веса груза по направлениям назад, влево и вправо. Отметим, что при определении способов и выборе устройства крепления груза смещение груза относительно кузова автомобильного транспортного средства в момент разгона (торможения) и движения на поворотах дороги не учитывается, т. е. автомобиль и груз рассматривается как единое целое. Однако любые средства крепления под действием приложенных нагрузок деформируются. Как показывает опыт, в некоторых случаях такие деформации могут приводить к постепенному изменению положения груза на автотранспортном средстве. Такое смещение, в свою очередь, в конечном счете может привести к повреждению крепления и нарушению сохранности груза. Целью представленной работы стало создание методики расчета креплений труб на автотранспортном средстве, учитывающей различные варианты их расположения на кузове.

Для перевозки металлических, железобетонных и асбестоцементных труб от заводов-изготовителей до пунктов назначения пользуются железнодорожным, автомобильным, водным и другими видами транспорта. При перевозке грузов предприятия и организации используют различные марки автомобильного транспорта. Например, для перевозки труб применяют автомобили МАЗ-5048, МАЗ-5205А, КамАЗ-5410, ОдАЗ-9370, автопоезда ПЛТ 1810 и ПЛТ 1310, автопоезд-самопогрузчик УПЛС 1308 и др. Наш опыт разработки схем крепления металлопроката на автотранспортных средствах показал, что здесь имеются существенные отличия по сравнению с креплением грузов в вагонах. Оказалось, что даже при одинаковых размерах кузова автомобиля в плане кольца для крепления грузов находятся в разных местах. Поэтому разработать единую схему размещения и крепления грузов, пригодную для применения на различных автомобилях, невозможно. В трубопроводах применяются легкоъемные сменные подкладки, обеспечивающие быструю переналадку под трубы другого типоразмера, и гибкие прокладки, исключаящие взаимное соприкосновение труб. Однако такое крепление не всегда может исключить смещения верхних ярусов труб при резком торможении. Это, в свою очередь, может стать причиной повреждения торцевой поверхности, форма которой изначально делается такой, чтобы обеспечить герметичное соединение труб при их укладке.

Рассмотрен вариант упругого крепления, допускающего смещение груза относительно рамы автомобиля в продольном направлении. Предполагается, что габарит погрузки позволяет размещать на автомобиле трубы в два и более яруса. Продольное крепление труб может осуществляться следующими способами:

- трубы всех ярусов крепятся непосредственно к кузову автомобиля;
- трубы нижнего яруса крепятся непосредственно к кузову автомобиля, а трубы каждого последующего яруса – к трубам предыдущего;
- комбинированный способ крепления, совмещающий оба предыдущих способа.

Для проведения исследований автомобиль с закрепленными на нем трубами представлен в виде механической системы, включающей шасси автомобиля, установленные на нем в несколько ярусов трубы (ярусное крепление). С целью конкретизации модели рассмотрен случай четырех труб, размещенных на раме автомобиля в два яруса. Предполагалось, что реквизиты крепления содержат упругие элементы с линейными характеристиками и оснащены натяжными устройствами. Движение автомобиля рассматривается при полностью заторможенных колесах.

В качестве обобщенных координат рассматривались продольные линейные перемещения двух труб верхнего яруса, двух труб нижнего яруса, и автомобиля. Полученная система при принятых допущениях имеет три степени свободы. С применением принципа Даламбера получена система

дифференциальных уравнений, отражающих движение двух ярусов труб и автомобиля. Её особенностями являются учет изменения углов наклона средств крепления по отношению к полу автоплатформы вследствие их деформаций, а также особая форма учета сил кулонова трения, максимальное значение которых достигается только при положительной разности между скоростями контактирующих элементов системы, расположенных выше и ниже соответственно.

Численное интегрирование полученной системы дифференциальных уравнений проводилось при следующих исходных данных: массы ярусов труб  $m_1 = m_2 = 5700$  кг; масса автомобиля  $m_3 = 11700$  кг; коэффициент трения скольжения шин колес автомобиля по дороге  $\mu = 0,8$ ; коэффициенты трения между трубами верхнего и нижнего ярусов, трубами нижнего яруса и опорами на раме автомобиля  $f_1 = f_2 = 0,6$  соответственно. Расчеты проводились в среде MathCAD.

Значения коэффициентов жесткости упругих элементов для продольного крепления труб обоих ярусов принимались одинаковыми ( $c_1 = c_2$ ) и варьировались в пределах 0,08–0,5 МН/м. Предварительное натяжение упругих элементов продольного крепления труб считалось пренебрежимо малым.

Результаты расчетов для скорости, на момент начала торможения автомобиля составляющей 10 м/с, показывают, что с увеличением жесткости упругих элементов продольного крепления, смещение ярусов труб относительно рамы автомобиля уменьшается, но длина тормозного пути возрастает. Так, при изменении коэффициента жесткости упругих элементов, продольного крепления труб к платформе автомобиля в пределах 0,08–0,5 МН/м смещение труб нижнего яруса составляет 0,49–0,08 м, а верхнего – 0,86–0,14 м. Изменение длины тормозного пути автомобиля с трубами – 6,0–6,3 м.

При отсутствии продольного смещения труб относительно платформы автомобиля, т.е. при рассмотрении автомобиля с трубами как единого тела, тормозной путь автомобиля составляет порядка 6,4 м и не зависит от массы перевозимого груза.

В результате проведенных исследований установлено, что наибольшее значение сил в упругих элементах продольного крепления труб нижнего яруса к раме автомобиля составляет 39 кН, а наибольшее значение в упругих элементах продольного крепления труб верхнего яруса к трубам нижнего яруса – 30 кН. Существующие в Республике Беларусь Правила устанавливают, что силы, действующие на груз, должны компенсировать силу, равную не менее 0,8 веса груза в направлении вперед, что составляет порядка 89 кН.

В ходе выполнения исследований с целью выбора рациональной схемы рассмотрены возможные схемы крепления четырех труб в два яруса на автотранспортном средстве. Из них выделены две схемы устройств, отличающиеся способом продольного крепления труб к платформе транспортного средства: 1) с комбинированным способом продольного крепления труб, при которой трубы нижнего яруса крепятся непосредственно к платформе автомобиля, а трубы верхнего яруса связываются с трубами нижнего яруса, и 2) схема, в которой элементы креплений труб обоих ярусов соединяются непосредственно с платформой автомобиля.

В результате расчетов динамических показателей рассмотренных устройств установлено:

– при комбинированном способе продольного крепления труб смещение труб верхнего яруса увеличивается в процессе торможения транспортного средства в 1,7–2, а нижнего – в 1,1–1,2 раза по сравнению с способом продольного крепления труб обоих ярусов непосредственно к раме транспортного средства;

– силы в упругих элементах крепления труб нижнего яруса к платформе при ярусном способе продольного крепления труб в 1,7 раза меньше по сравнению со способом продольного крепления труб обоих ярусов непосредственно к раме транспортного средства.

На основании полученных результатов можно сделать заключение, что при отсутствии ограничений по смещению труб относительно платформы транспортного средства в продольном направлении наиболее предпочтительна схема с комбинированным способом продольного крепления труб. Поскольку при таком способе продольного крепления труб к платформе транспортного средства динамические силы, действующие на элементы крепления, трубы и транспортное средство, меньше, то элементы крепления могут быть меньших размеров, следовательно, и материалоемкость устройства крепления будет меньше.

Разработанная математическая модель и установленные расчетные зависимости могут быть использованы для расчета крепления иных грузов, размещенных в несколько ярусов на транспортном средстве.