

МЕХАНИЗАЦИЯ УДАЛЕНИЯ ОСТАТКОВ ЖИДКОСТИ ИЗ ТРУБОПРОВОДОВ

Емелин В.И., Авдеев Р.М., Зеер В.А.

Сибирский федеральный университет, Красноярск

Ключевые слова: торообразный механизм, торообразное транспортно-технологическое устройство, тор, трубопровод, удаление жидкости из трубопровода.

Аннотация. В работе представлены результаты исследования торообразных механизмов, которые способны передвигаться внутри трубопроводов и осуществлять различные виды работ при строительстве, эксплуатации и ремонте трубопроводов. В данном случае рассматривается способность тора к удалению из труб остатков жидкости при подготовке их к дальнейшему обслуживанию. При этом оцениваются тяговые возможности – перемещение жидкости перед торообразным механизмом. Выявлены зависимости требуемого движущего давления воздуха от необходимой тяговой нагрузки.

MECHANIZATION OF REMOVAL OF LIQUID RESIDUES FROM PIPELINES

Emelin V.I., Avdeev R.M., Zeer V.A.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Keywords: torus-shaped mechanism, torus-shaped transport and technological device, torus, pipeline, removal of liquid from the pipeline.

Abstract. The paper presents the results of a study of torus-like mechanisms. This type of mechanism is able to move inside pipelines and carry out various types of work during the construction, operation and repair of pipelines. In this case, the ability of the torus to remove liquid residues from the pipes, while preparing them for further maintenance, is considered. At the same time, the traction capabilities are evaluated – the movement of the load in front of the torus-shaped mechanism. The dependences of the required driving air pressure on the required traction load are revealed.

В настоящее время в области эксплуатации трубопроводов приобретают популярность бестраншейные методы ремонта и обслуживания коммуникаций, при их реализации объемы вскрышных работ значительно снижены или полностью отсутствуют. Это позволяет уменьшить стоимость технологических процессов по эксплуатации труб, повысить безопасность, снизить или исключить негативное влияние на окружающую среду. Однако создание новых способов и совершенствование уже существующих связано с рядом задач, одной из которых является создание внутритрубного устройства, способного перемещаться по трубам и выполнять технологические операции и перемещать грузы, материалы и технологические среды, например, жидкости, воду и т.п. Для этих целей в настоящее время в основном предлагается использовать уменьшенные модели колесных и гусеничных транспортных машин, что сопряжено с рядом дополнительных проблем, решение которых сдерживает массовое применение. В место этого предлагается альтернативное решение задачи – устройства, движущиеся под действием разности давлений воздуха на концах трубопровода, к которым относятся приспособления типа поршня, манжетные устройства и им

подобные, с возможностью скольжения по внутренней поверхности трубы. Для исключения трения скольжения предлагается использовать торообразные механизмы (рис. 1, *а*), в виде полого тороида, состоящего из покрышки и камеры с ниппелем, вытянутого вдоль продольной оси и заполненного воздухом. Так же как и эластичные заглушки, он перекрывает поперечное сечение трубопровода, но при создании разности давлений на концах трубопровода (P_1 больше P_2), достаточной для преодоления внутреннего сопротивления деформации, он начинает двигаться качением (рис. 1, *б*).

Основные достоинства предлагаемого к применению торообразного механизма: высокая проходимость и способность преодолевать изгибы трубопровода, кольцевые сужения и локальные препятствия.

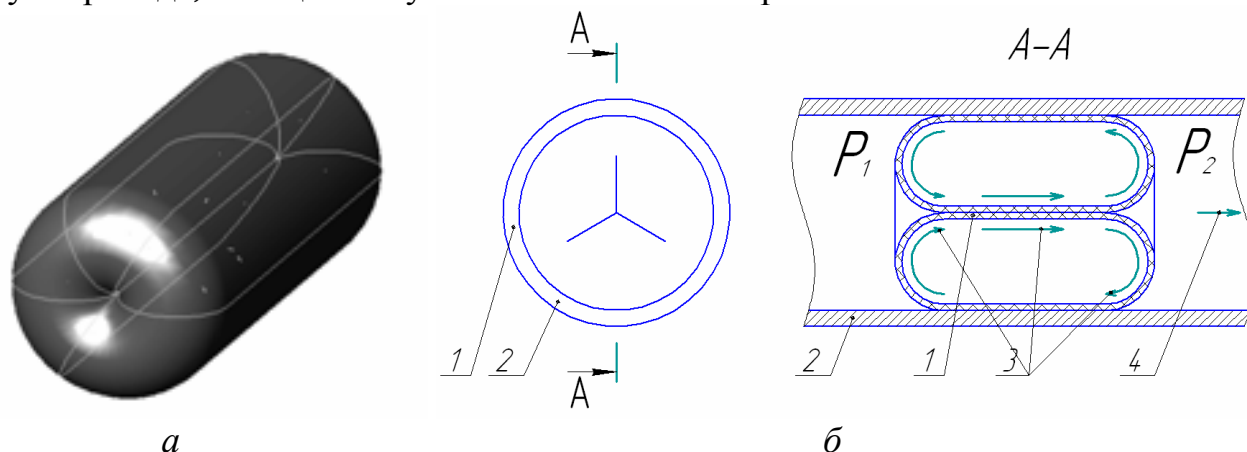


Рис. 1. Торообразный механизм для внутритрубного движения: *а* – общий вид тора вне трубы; *б* – схема размещения и перемещения тора в трубе; 1 – торообразный механизм; 2 – трубопровод; 3 – направление движения оболочки тора; 4 – направление движения тора в трубопроводе

Анализ вариантов применения тора на практике и в патентной литературе позволяет их разделить на три группы [1], в одной из них он используется как транспортное средство для перемещения груза перед тором. Эта функция и используется для удаления торообразным механизмом различных жидкостей из трубопровода (рис. 2). С подобной задачей на практике сталкивается фирма «ИзоТор» совместно с авторами настоящей статьи, занимающаяся бестраншейным восстановлением трубопроводов с использованием технологии нанесения полимерного покрытия на внутреннюю поверхность труб. Ремонтируемый участок трубопровода, для обеспечения хорошей адгезии наносимого материала, необходимо осушить полностью. Для этого проводят операцию «прогонка тора» - через санируемую часть трубы продвигают тор, а он выдавливает остатки воды как с внутренней поверхности, так из «карманов», получившихся из-за провисания трубопроводов (рис. 3).

Основной технологический параметр, соблюдение которого требуется для эффективного продвижения тора – движущее давление $p_{дв}$ или разность давлений на концах трубопровода, для ее определения были проведены следующие расчеты.

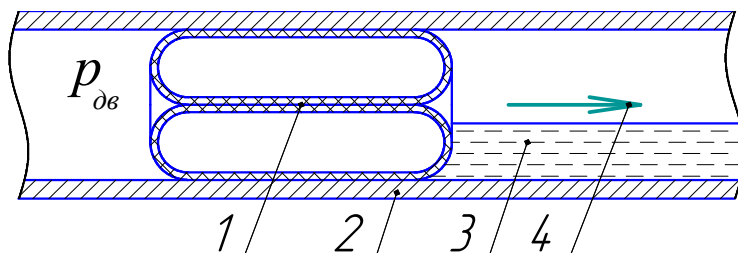


Рис. 2. Схема использования тора для удаления различных жидкостей из трубопровода: 1 – тор; 2 – трубопровод; 3 – жидкость; 4 – направление движения тора и жидкости; $p_{дв}$ – движущее давление воздуха

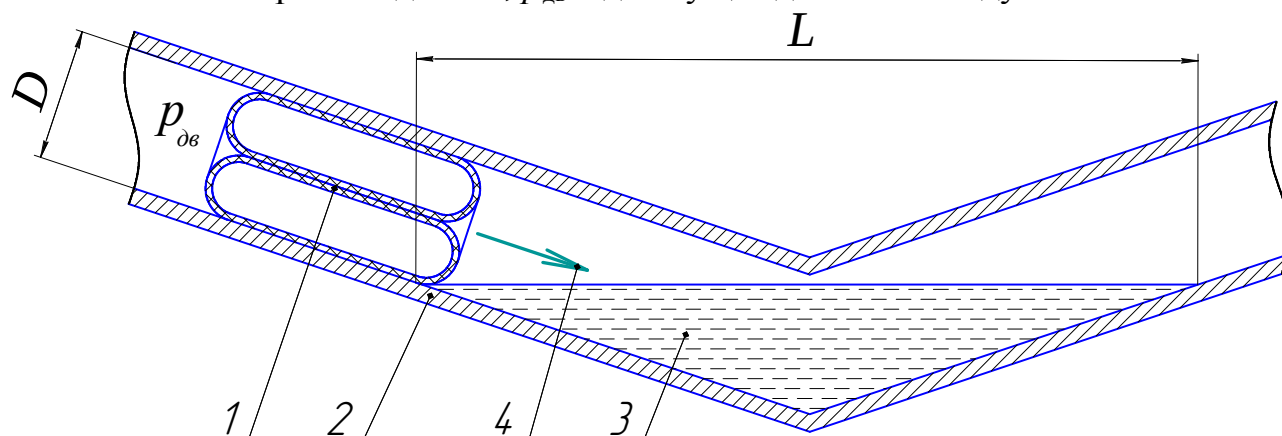


Рис. 3. Схема участка трубопровода при удалении воды с использованием тора: 1 – тор; 2 – трубопровод; 3 – жидкость; 4 – направление движения тора; $p_{дв}$ – движущее давление; D – диаметр трубопровода; L – длина участка заполненного водой

Использовались результаты исследования тяговой способности тора [2] в зависимости от давления в самом торообразном механизме и давления движущего тора (рис. 4) и математическую модель торообразного транспортного механизма [3].

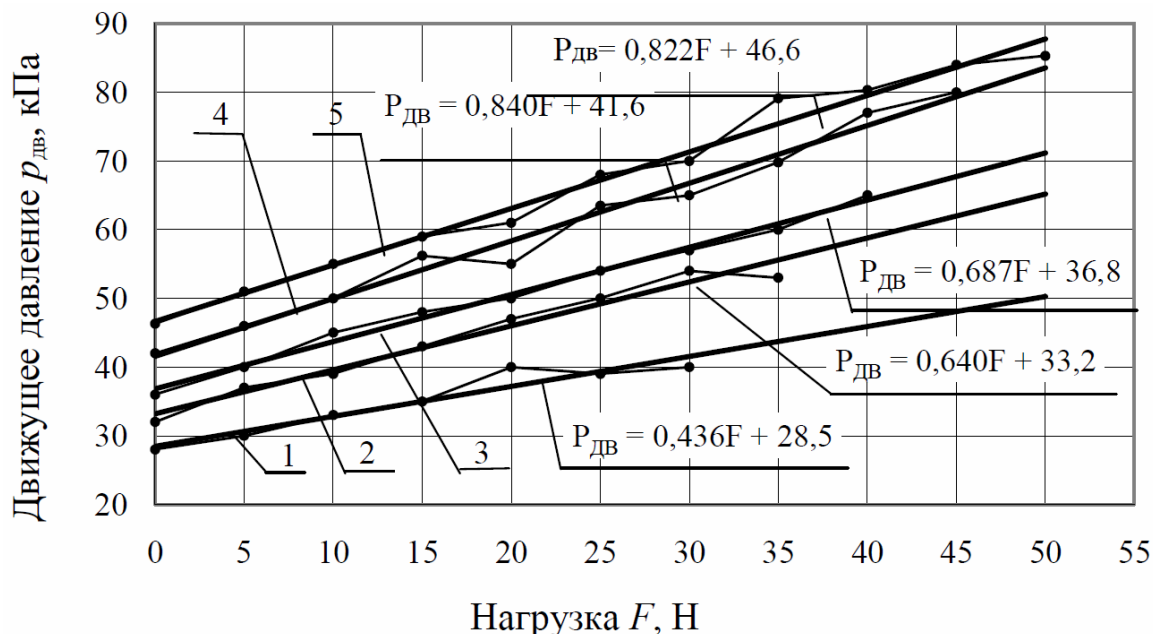


Рис. 4. Зависимости движущего давления от нагрузки при различных значениях давления воздуха внутри тора: 1 – $P_{вн} = 50$ кПа; 2 – $P_{вн} = 60$ кПа; 3 – $P_{вн} = 70$ кПа; 4 – $P_{вн} = 80$ кПа; 5 – $P_{вн} = 90$ кПа

В качестве расчетной схемы использовался рисунок 3, длина участка заполненного водой принималась близкая к реальной - 1 метр, диаметр трубопровода - 100, 150, 200, 250 и 300 мм, удаляемая жидкость – вода. Расчетные формулы приняты для давлений в торе 50,70 и 90кПа:

$$p_{\text{дв}} = 0,436 F + 28,5, \quad (1)$$

$$p_{\text{дв}} = 0,687 F + 36,8, \quad (2)$$

$$p_{\text{дв}} = 0,822 F + 46,6, \quad (3)$$

где $p_{\text{дв}}$ - движущее давление $p_{\text{дв}}$ или разность давлений на концах трубопровода, кПа; F – нагрузка, преодолеваемая тором, Н.

Нагрузка, преодолеваемая тором, создавалась массой воды, выталкиваемой из ремонтируемого участка. Для расчета принималось допущение – рассчитывался объем цилиндра, заполненного водой, без учета воздуха, изгибов трубопровода и др. В результате была получена зависимость давления воздуха, движущего тор, от диаметра трубопровода (рис. 5).

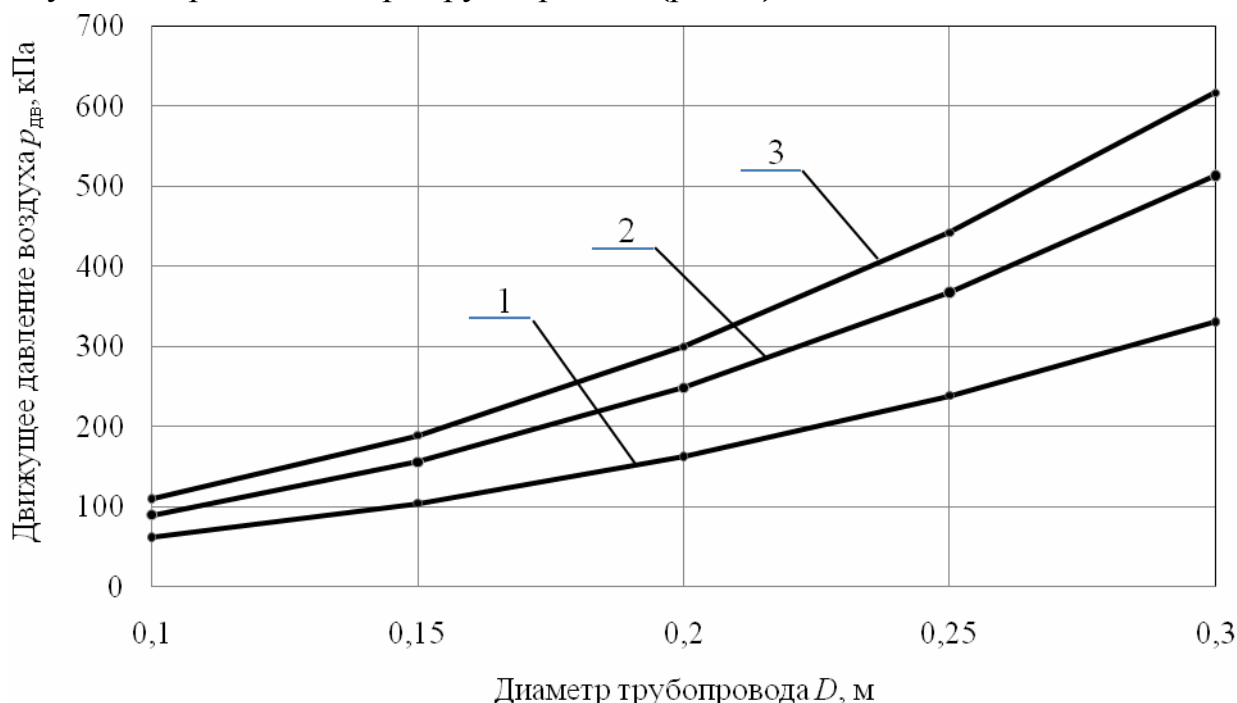


Рис. 5. Зависимости давления движущего тор от диаметра трубопровода с преодолеваемой нагрузкой от выталкиваемой воды, при различных значениях давления воздуха внутри тора: 1 – $p_{\text{вн}} = 50$ кПа; 2 – $p_{\text{вн}} = 70$ кПа; 3 – $p_{\text{вн}} = 90$ кПа

В результате проведенных дополнительных аналитических и экспериментальных исследований для случая очистки трубопровода от жидкости с использованием торообразного устройства были сделаны следующие выводы: а) при движении накаченного воздухом торообразного устройства внутри трубопровода качением под действием движущего давления $P_{\text{дв}}$ всегда внутри этого устройства образуется Y-образная складка, снижающая его тяговый КПД; б) при удалении из трубопровода остатков жидкости, равнодействующая сил гидравлического давления этой жидкости всегда располагается ниже продольной оси тора, при этом величина смещения оказывает пропорциональное воздействие на уменьшение тягового КПД тора; в) для качественной очистки трубопровода от

жидкости, давление воздуха в торе должно быть больше гидравлического давления удаляемой жидкости в нижней части трубопровода, в противном случае будет проходить перетекание жидкости по периферии тора и через его Y-образную складку в сторону движущего давления воздуха (осушаемую часть трубопровода); г) для расчета величины движущего тор давления воздуха и подбора компрессора рекомендуется использовать графики рисунков 4 и 5.

Список литературы

1. Емелин В.И. Возможности торообразных механизмов при бестраншейном ремонте трубопроводов / В.И. Емелин, Р.М. Авдеев // Механизация строительства. – 2005. – №8. – С. 23-25.
2. Емелин В.И. Результаты исследования тяговых свойств торообразного аппарата / В.И. Емелин, Р.М. Авдеев // Вестн. Краснояр. гос. техн. ун-та. Вып. 30: Транспорт. – Красноярск: КГТУ, 2002. – С. 18-23.
3. Емелин В.И. Торообразный эластичный привод для внутритрубных работ: Монография / В.И. Емелин, Р.М. Авдеев; Под ред. В.И. Емелина. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 167 с.

Сведения об авторах:

Емелин Вячеслав Иванович – к.т.н., профессор кафедры «Транспортные и технологические машины»;

Авдеев Роман Михайлович – к.т.н., доцент кафедры «Транспортные и технологические машины»;

Зеер Владимир Андреевич – к.т.н., доцент кафедры «Транспортные и технологические машины».