

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРОИДАЛЬНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

Андрienко Д.В.,

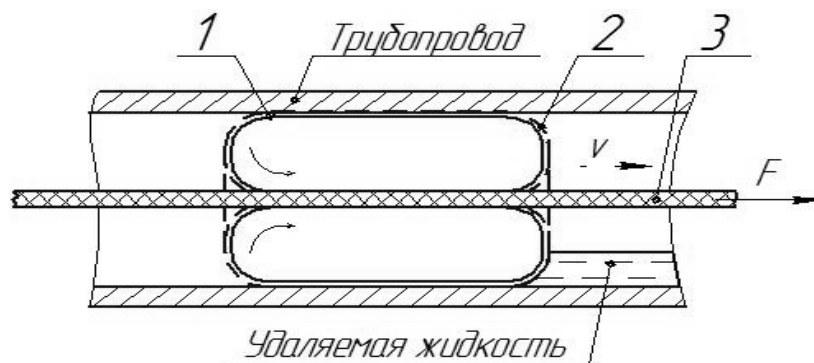
Научный руководитель – профессор Емелин В.И.

*Сибирский федеральный университет*

Актуальность темы исследования обусловлена огромной протяженностью трубопроводов в России (более 2 млн. км.) и их значительным износом. Сложность ремонта обусловлена большим количеством отводов, сужений, смотровых колодцев, повышенной коррозионной агрессивностью среды, высокими санитарно-гигиеническими требованиями. В последние годы, спрос на бестраншейный ремонт трубопроводов продолжает расти. В связи с чем возникает потребность в создании новых, модификации ранее использующихся механизмов, способов ремонта и восстановления трубопроводов, с целью увеличения производительности и повышения технико-экономических показателей.

В настоящее время для выполнения ряда задач по ремонту трубопровода применяют эластичные торообразные рабочие элементы. Они делятся на внетрубные и внутритрубные. Для перемещения тора в трубопроводе применяется сжатый воздух. В трубопровод вводится торообразный эластичный элемент, а для его передвижения в трубу начинают подавать сжатый воздух. Под действием давления тор начинает выворачиваться и происходит его поступательное движение. Этот метод требует компрессора для создания необходимого давления с целью обеспечения движения тора и компенсации утечек воздуха, возникающих при проведении ремонтных работ. Это приводит к удорожанию работ и необходимости привлечения более квалифицированных специалистов.

Автором совместно с руководителем предлагается новое устройство (рис. 1), включающее тороидальную камеру 1, крышку 2 и гибкую тягу 3. Техническим эффектом является исключение компрессора, повышение проходимости, снижение энергоемкости. Для определения параметров устройства проведено экспериментальное исследование.



**Рис. 1. Устройство для очистки трубопровода от жидкости:**

1 – камера, 2 – крышка, 3 – гибкая тяга.

Цель работы заключается в определении зависимости силы тяги, необходимой для передвижения тора, от объема жидкости, давящего на тор, при изменяемых внутреннем давлении воздуха внутри тора, форме и размере поперечного сечения гибкой тяги.

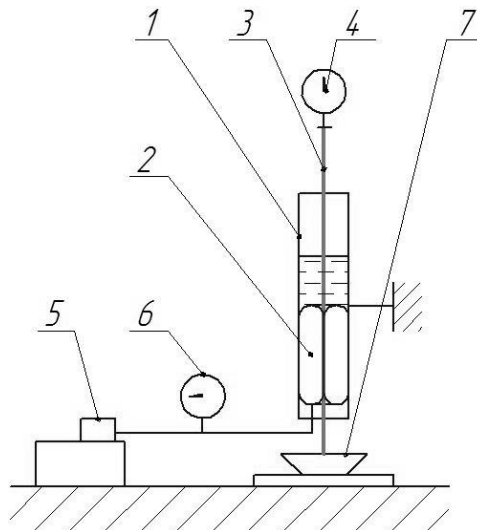
Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- 1) разработать методику исследования;
- 2) разработать стенд, для проведения исследования;
- 3) определить наименьшее давление воздуха внутри тора, при котором обеспечивается герметичность трубопровода и эффективное выворачивание рабочего органа;
- 4) подобрать наиболее эффективный материал, форму и размер поперечного сечения гибкой тяги;

Методика решения поставленных задач включает теоретические и экспериментальные методы с использованием элементов системного подхода.

Для проведения исследования разработаны: методика, обеспечивающая точность и воспроизводимость полученных результатов и стенд (рис. 2), который позволяет моделировать поведение тора в трубопроводе и изменять внешнее давление жидкости.

В вертикально установленную трубу 1 устанавливается тор 2 с внутренним давлением воздуха равным нулю. Через центральное осевое отверстие тора установленного в трубе протягивается гибкая тяга 3.



**Рис. 2. Схема установки для исследования тяговых усилий:**

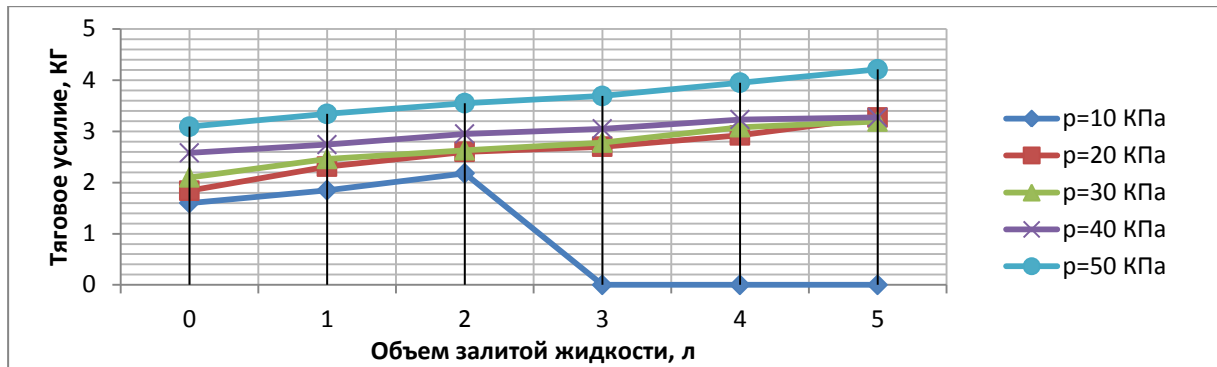
1 – труба; 2 – тор; 3 – гибкая тяга; 4 – динамометр; 5 – насос; 6 – манометр;  
7 – мерный сосуд для измерения утечек жидкости.

Отношение длины гибкой тяги к длине трубы равно 3:1. К верхнему концу гибкой тяги крепится динамометр 4. Нижний конец гибкой тяги не закрепляется. С помощью насоса 5 и манометра 6 в тор (рабочий орган) нагнетается воздух до заданного давления. Под нижнюю часть трубы устанавливается сосуд 7. В трубу заливается жидкость необходимого объема 8. Затем, потянув за динамометр, начинаем передвигать рабочий орган в трубопроводе. Показания динамометра заносятся в протокол испытаний. Для построения зависимостей необходимо провести серию опытов с различными давлениями воздуха внутри тора, высотой столба жидкости, формой и размером поперечного сечения гибкой тяги.

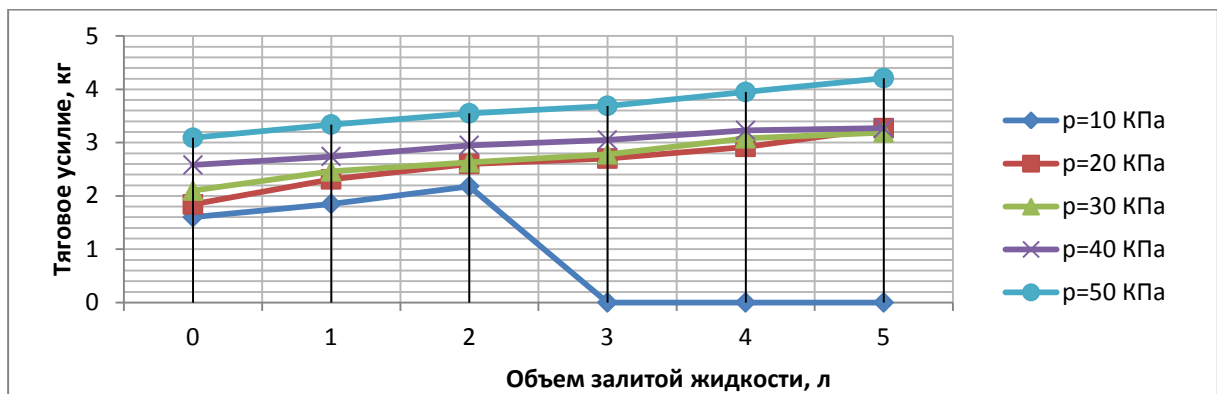
Для получения наиболее точных данных минимальное количество опытов в серии равно трем.

Полученные данные отображены в виде графиков на рис.3.

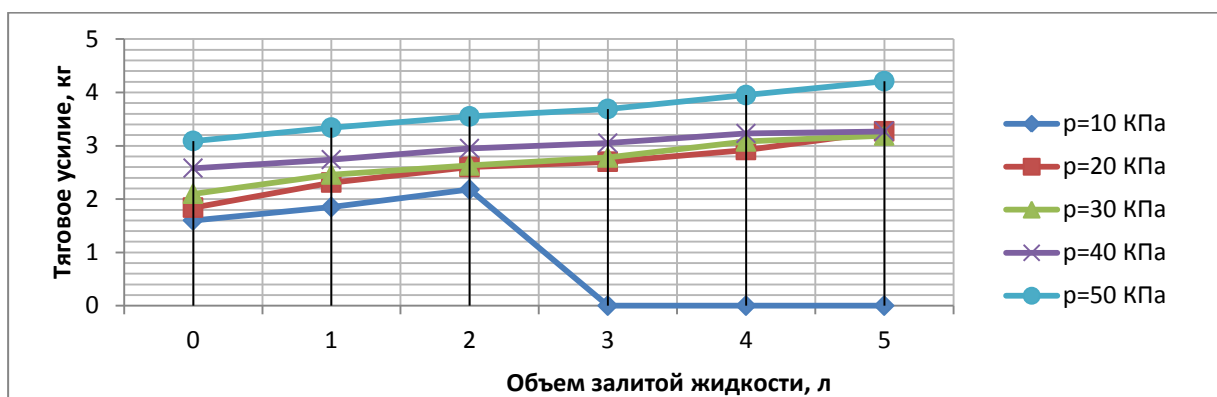
На графиках по оси абсцисс указан объем жидкости заливаемый в трубу. Ось ординат показывает, какое тяговое усилие необходимо приложить для перемещения тора с заданным количеством жидкости. Для каждого задаваемого внутреннего давления воздуха в торе построен отдельный график.



*а*



*б*



*в*

**Рис. 3. График изменения тяговых усилий, необходимых для передвижения тора в вертикальной трубе с применением различных материалов:**  
*а* – хлопковая тесьма; *б* – льняной канат; *в* – хлопчатобумажный канат.

По результатам исследования сделаны следующие выводы.

1. Диаметр и форма гибкой тяги оказывают незначительное влияние на тяговое усилие, необходимое для передвижения рабочего органа внутри трубопровода.

2. Размер и форма гибкой тяги оказывают непосредственное влияние на герметичность контакта рабочего органа с трубой. Увеличение диаметра круглой гибкой тяги ведет к снижению герметичности за счет увеличения зазоров между витками тяги.

3. Плоская тяга менее эффективна из-за того, что постоянно смещается от центра внутреннего отверстия рабочего органа, что приводит к сбоям в работе и снижению силы трения в паре тор — гибкая тяга.

4. Тяговое усилие возрастает прямо пропорционально внутреннему давлению воздуха в торе и перемещаемому объему жидкости.

5. Разработана методика экспериментального исследования. Спроектирован и изготовлен стенд для исследования привода торообразного движителя, с использованием гибкой тяги.