

Ремонт трубопроводов в настоящее время выполняют традиционными траншейными методами. Однако ввиду большой трудоёмкости и стоимости их применения выполнение ими больших объёмов работ становится нереальным. Необходимо шире использовать более эффективные бестраншейные методы, для реализации которых требуются специальные внутритрубные тяговые механизмы. Номенклатура же таких механизмов на сегодня ограничивается практически только лебёдками, поршнями различной конструкции да колесными и гусеничными шасси для перемещения телероботов. Поэтому задача поиска и разработки эффективных внутритрубных тяговых механизмов в настоящее время чрезвычайно актуальна. Одним из таких механизмов является торообразные механизмы.

Эластичный торообразный тяговый механизм представляет собой вытянутый вдоль продольной оси заполненный воздухом полый тор с сомкнутым расположенным по этой оси отверстием, имеющий камеру, ниппель и крышку, рис. 1. Применение такого устройства основано на его способности перекрывать поперечное сечение трубопровода и передвигаться в нём качением (рис. 1, б) под действием разности давлений воздуха на его концах с уменьшением, по сравнению с движением поршня, сил трения и величины износа.

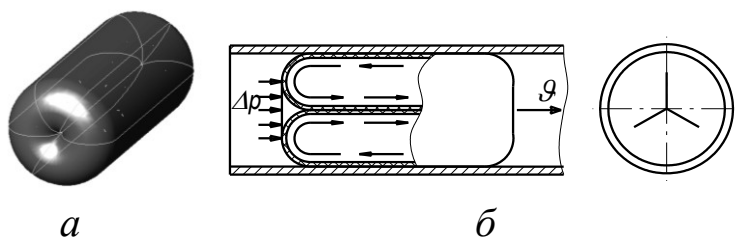


Рис. 1. Эластичное торообразное устройство: а – общий вид; б – схема движения в трубопроводе

В результате проведённого исследования кинематики эластичного торообразного механизма авторами установлено, что торообразный механизм передвигается внутри трубопровода качением с отсутствием режима буксования, а следовательно и – изнашивания его элементов. Теоретически и экспериментально определены условия движения такого механизма. Так, для обеспечения его устойчивого движения и надёжности необходимо назначать: давление воздуха в камере тора – 30-90 кПа при минимальном 10 кПа; движущее тор давление воздуха должно быть меньше давления воздуха в торе и находиться в диапазоне – 10-50 кПа; длину тора – в пределах 3-х его диаметров; толщину его камеры – 0,7-2,0 мм; диаметр тора при измерении в накачанном состоянии вне трубопровода на 2 – 4 % больше его диаметра.

Поскольку в большинстве схем применения торообразных механизмов положительный эффект обеспечивается за счет реализации их тяговых свойств, то для их определения было выполнено экспериментальное исследование. Результаты этого исследования в виде зависимостей тягового КПД тора и тягового усилия от остальных факторов: полезной нагрузки, диаметра трубопровода, толщины камеры, движущего и внутреннего давлений воздуха – показаны на рис. 2 – 7. В результате анализа этих зависимостей установлено:

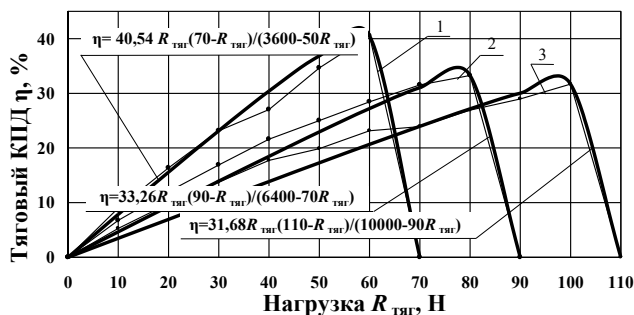


Рис. 2. Зависимости тягового КПД торообразного механизма от тяговой нагрузки при работе в трубопроводах $D = 68$ мм и различных значениях давления воздуха внутри тора: 1 – $p_{вн} = 50$ кПа; 2 – $p_{вн} = 70$ кПа; 3 – $p_{вн} = 90$ кПа

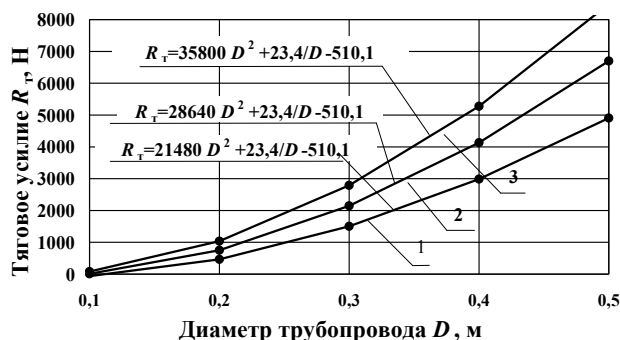


Рис. 3. Зависимость тягового усилия торообразного механизма от диаметра трубопровода при различных значениях движущего тор давления воздуха $p_{дв}$: 1 – $p_{дв} = 30$ кПа; 2 – $p_{дв} = 40$ кПа; 3 – $p_{дв} = 50$ кПа

а) с увеличением внутреннего давления воздуха в торе с 50 до 90 кПа его максимально возможное тяговое усилие возрастает, а наибольший тяговый КПД снижается с 42 до 32 % (для трубопровода с внутренним диаметром $D = 68$ мм); при увеличении диаметра трубопровода наблюдается тенденция к увеличению значений КПД;

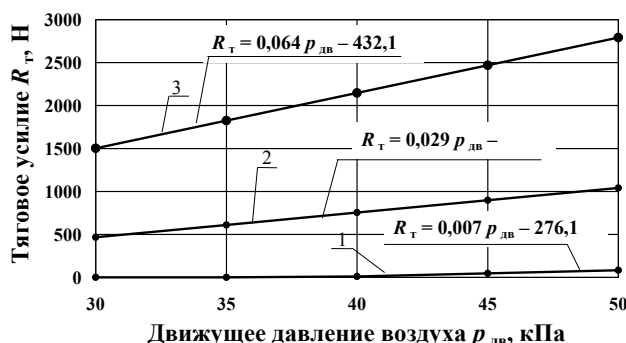


Рис. 3. Зависимость тягового усилия торообразного механизма от движущего давления воздуха при различных значениях диаметра трубопровода D : 1 – $D = 0,1$ м; 2 – $D = 0,2$ м; 3 – $D = 0,5$ м

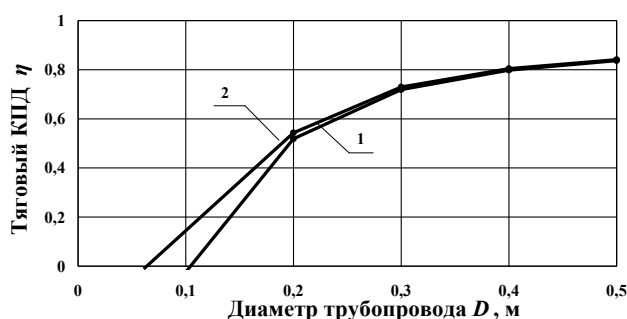


Рис. 4. Зависимости тягового КПД торообразного механизма от диаметра трубопровода ($p_{дв} = 30$ кПа; $\delta = 0,001$ м); 1 – $p_{вн} = 50$ кПа; 2 – $p_{вн} = 40$ кПа;

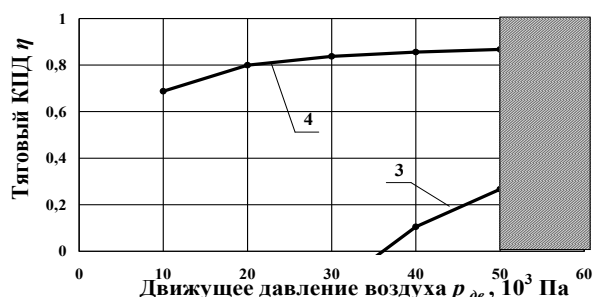


Рис. 5. Зависимости тягового КПД торообразного механизма от движущего давления воздуха ($p_{\text{вн}} = 50$ кПа; $\delta = 0,001$ м); 3 – $D = 0,1$ м; 4 – $D = 0,5$ м; заштрихована нерекомендуемая область значений параметров

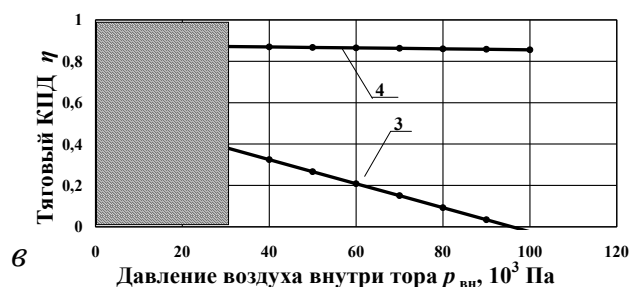


Рис. 6. Зависимости тягового КПД торообразного механизма от давления воздуха внутри тора ($p_{\text{дв}} = 50$ кПа; $\delta = 0,001$ м); 3 – $D = 0,1$ м; 4 – $D = 0,5$ м; заштрихована нерекомендуемая область значений параметров

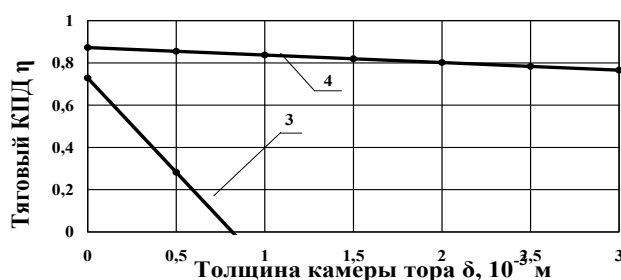


Рис. 7. Зависимости тягового КПД торообразного механизма от толщины камеры тора ($p_{\text{вн}} = 50$ кПа; $p_{\text{дв}} = 30$ кПа); 3 – $D = 0,1$ м; 4 – $D = 0,5$ м;

Рис. 7. Зависимости тягового КПД торообразного механизма от факторов системы «тор – трубопровод – технология»: а – диаметра трубопровода ($p_{\text{дв}} = 30$ кПа; $\delta = 0,001$ м); б – движущего давления воздуха ($p_{\text{вн}} = 50$ кПа; $\delta = 0,001$ м); в – давления воздуха внутри тора ($p_{\text{дв}} = 50$ кПа; $\delta = 0,001$ м); г – толщины камеры тора ($p_{\text{вн}} = 50$ кПа; $p_{\text{дв}} = 30$ кПа); 1 – $p_{\text{вн}} = 50$ кПа; 2 – $p_{\text{вн}} = 40$ кПа; 3 – $D = 0,1$ м; 4 – $D = 0,5$ м; заштрихована нерекомендуемая область значений параметров

б) оптимальные давления воздуха в торе находятся в диапазоне 50-90 кПа, при меньших давлениях снижается наибольшее тяговое усилие и нарушается устойчивое качение тора, при больших же давлениях растут потери мощности на передвижение тора, приводящие к снижению тягового КПД.

Эластичность рассматриваемого механизма, как показали проведённые исследования, обеспечивает ему высокую проходимость, позволяя преодолевать изменения диаметра (переходы), местные сужения (диафрагмы) и изгибы (отводы) трубопроводов (до 120°).

Расчёты и результаты экспериментов показывают, что применение предлагаемых механизмов для бестраншейного ремонта трубопроводов обеспечит снижение затрат, по сравнению с траншейной технологией, в 1,5 – 2 и более раз. Результаты проведённого исследования позволят обоснованно вести проектирование торообразных механизмов и производства работ по ремонту трубопроводов с использованием этих механизмов.