

РАБОЧИЕ ОРГАНЫ С РАСШИРЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОГО РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ

Жиганов М.С.

научный руководитель – доцент, канд. тех. наук Шайхадинов А.А.

Сибирский федеральный университет

В настоящее время подземные трубопроводы России находятся в неудовлетворительном состоянии. Так, по разным данным от 60 до 75 % этих трубопроводов сильно изношено и эксплуатируются со степенью износа более 80 %. При этом их аварийность с каждым годом растет, а утечки транспортируемой среды приносят огромный экономический и экологический ущерб нашей стране. Ситуация усугубляется тем, что темпы старения инженерных сетей в несколько раз опережают темпы их ремонта и замены. Применяемый траншейный (открытый) способ ремонта трубопроводов решить данную проблему не в состоянии.

Справиться с этой ситуацией возможно путем более широкого внедрения и реализации другого способа ремонта трубопроводов называемого бестраншейным (закрытым). Одним из наиболее перспективных методов бестраншейного ремонта трубопроводов является метод, заключающийся в статическом (безударном) разрушении старой трубы рабочим органом, представляющим собой режущую головку с дисковыми ножами и конический расширитель (рис. 1). Рабочий орган перемещается внутри образуемой скважины при помощи гидравлической силовой установки и составной штанги, одновременно протаскивая через заменяемую трубу новую плетть пластмассового (полиэтиленового, полипропиленового и т. п.) трубопровода большего диаметра.

Несмотря на свои преимущества, анализ применения такого оборудования выявил ряд недостатков. При реализации этого метода могут возникать различные внештатные ситуации, приводящие к остановкам процесса и дополнительным затратам труда и денежных средств.

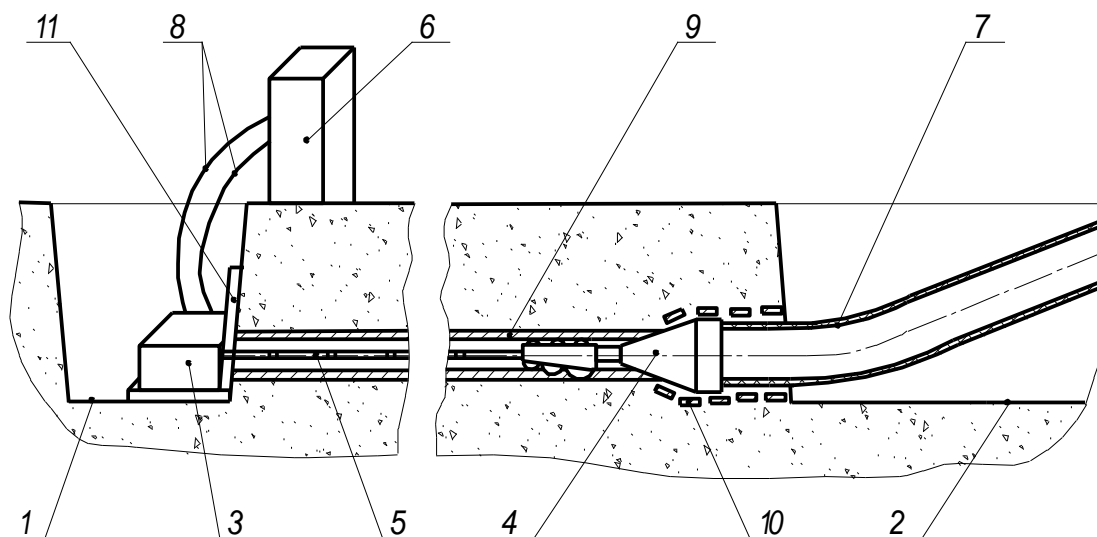


Рис. 1. Технологическая схема бестраншейного ремонта трубопровода: 1, 2 – приямки; 3 – силовая установка; 4 – рабочий орган; 5 – составная штанга; 6 – насосная станция; 7 – плетть нового пластмассового трубопровода; 8 – рукав высокого давления; 9 – разрушаемый старый трубопровод; 10 – разрушенный старый трубопровод; 11 – упорный щит

Одной из основных причин внештатных ситуаций является затупление или повреждение режущего ножа и, как следствие, невозможность разрезания старого трубопровода с последующим стопорением рабочего органа. Это происходит из-за того, что нож при разрезании старого трубопровода на всю толщину его стенки может попасть на твердые включения (камни, бетон и др.).

Основываясь на сказанном выше, было предложено разрезать старый трубопровод не на всю толщину его стенки, а лишь на часть, создавая концентратор напряжения. Окончательное разрушение старого трубопровода осуществляется с помощью разрывающего ролика, установленного на корпусе рабочего органа за ножом. В итоге режущий элемент не соприкасается с грунтом и, соответственно, не повреждается о твердые включения в грунте. Тем самым достигается повышение ресурса ножа и снижается вероятность возникновения внештатных ситуаций.

Исходя из предложенной идеи, была разработана методика экспериментальных исследований и изготовлена лабораторная модель такого рабочего органа (рис. 2).

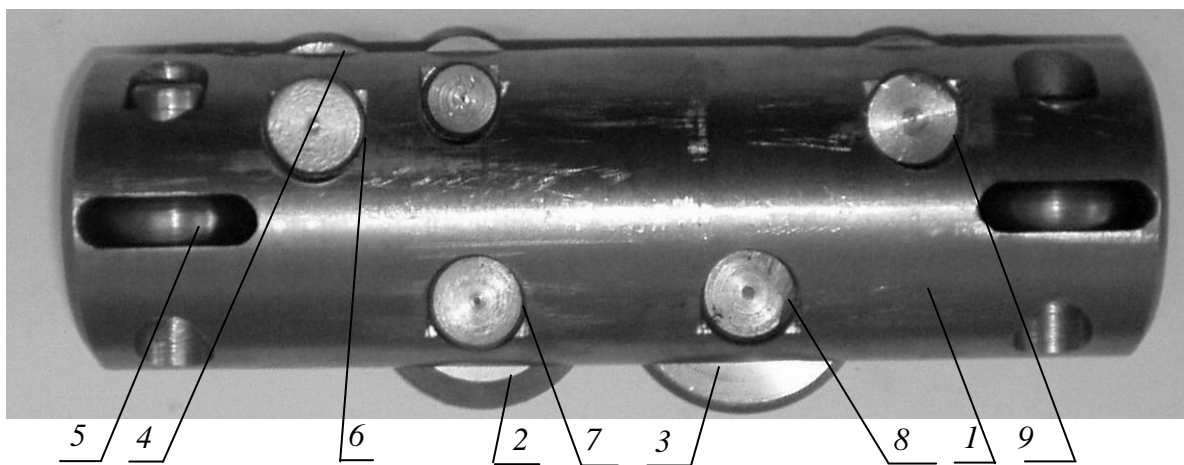


Рис. 2. Модель лабораторного рабочего органа для надрезания старого трубопровода с его последующим дорывом: 1 – корпус рабочего органа; 2 – дисковый нож для создания концентратора напряжений в виде продольной прорези; 3 – ролик для разрыва старого трубопровода; 4, 5 – опорные катки; 6–9 – оси

С предлагаемым рабочим органом была проведена серия экспериментов в лабораторных условиях. Наиболее интересные результаты показаны на графиках (рис. 3 и 4).

Эксперименты выполнялись в следующей последовательности. Производилась сборка модели рабочего органа. На ось устанавливался дисковый нож таким образом, чтобы образец старой трубы не разрезался полностью, а лишь на его внутреннюю поверхность наносился концентратор напряжений (надрез). Затем между верхней и нижней плитами пресса соосно располагались модель рабочего органа и образец трубы. Включался пресс и опускалась его верхняя плита. Под воздействием усилия пресса модель рабочего органа внедрялась в трубу, деформируя и надрезая ее. При этом полученное усилие фиксировалось динамометром пресса. Далее застрявшая модель рабочего органа выбивалась из образца трубы, используя выколотку и молоток. Затем дисковый нож снимался, а на другую ось устанавливался разрывающий ролик. После чего последовательность операций повторялась. Полученные за два прохода модели рабочего органа усилия разрезания и разрыва складывались. Результирующее значение принималось за усилие разрушения.



Рис. 3. Результаты исследования различных схем разрушения отработавших трубопроводов: 1, 2, 3 – усилия соответственно суммарные, разрезания и разрыва для стального трубопровода с диаметром $d_c = 0,068$ м и толщиной стенки $\delta_c = 0,004$ м

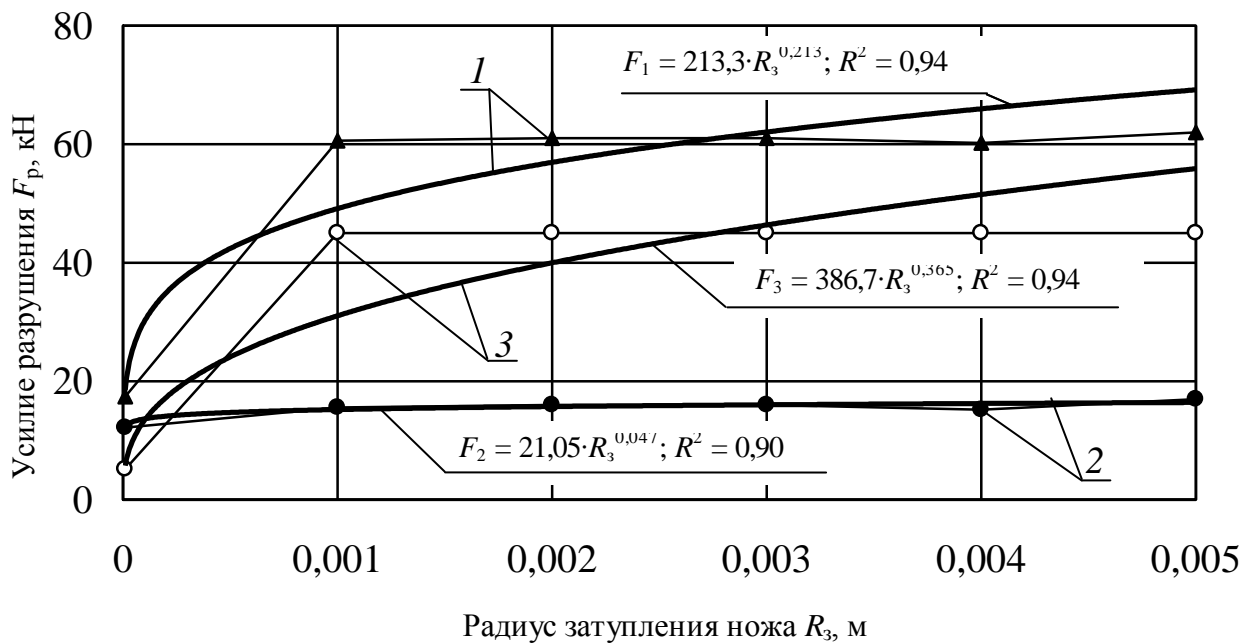


Рис. 4. Зависимость суммарного усилия и его слагаемых в процессе разрушения отработавших трубопроводов по схеме с предварительным частичным разрезанием и последующим разрывом их стенок от радиуса затупления ножа: 1, 2, 3 – усилия соответственно суммарные, разрезания и разрыва для стального трубопровода с диаметром $d_c = 0,068$ м и толщиной стенки $\delta_c = 0,004$ м

На основании полученных экспериментов была разработана конструкторская документация на изготовление натурального рабочего органа для разрушения старых трубопроводов диаметром 300 мм (рис. 5).

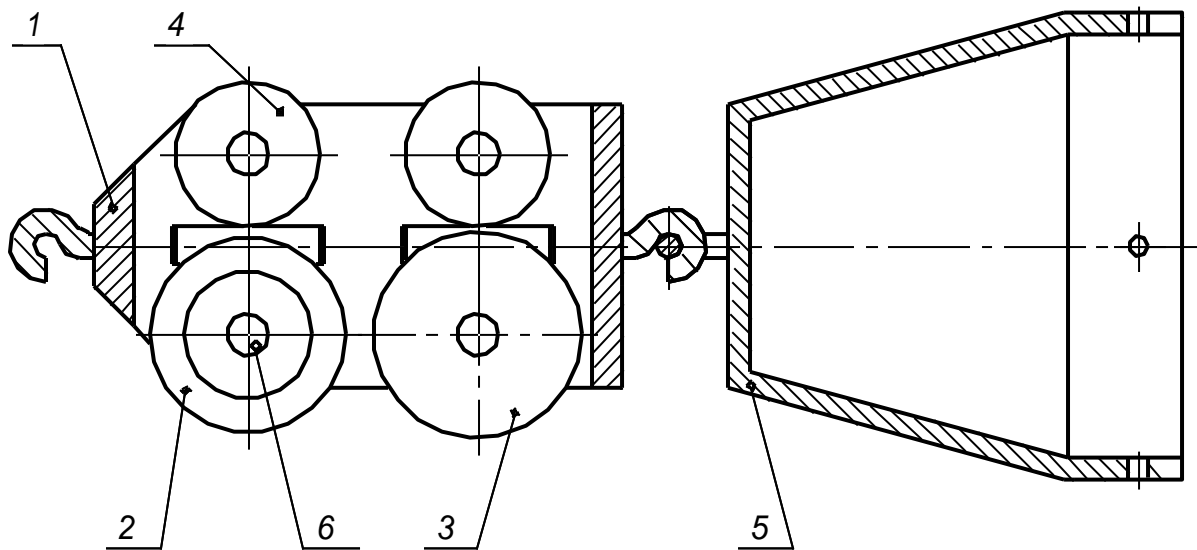


Рис. 5. Предлагаемый образец натурального рабочего органа (продольное сечение): 1 – корпус рабочего органа; 2 – дисковый нож для надрезания старого трубопровода; 3 – ролик для дорыва предварительно надрезанного старого трубопровода; 4 – опорные катки; 5 – расширитель; 6 – оси

Итак, в ходе проведенной работы были получены следующие результаты:

1. Предложена принципиально новая конструкция рабочего органа с расширенными возможностями, позволяющими осуществлять процесс бестраншейного ремонта трубопроводов в грунтах с твердыми включениями, значительно снижая при этом возникновение внештатных ситуаций.

2. Установлено, что разрушение отработавших трубопроводов по схеме с частичным разрезанием их стенки по сравнению с полным разрезанием одним ножом на 10–20 % более энергоемко, что можно объяснить необходимостью многократного преодоления сил упругости. Несмотря на большую энергоемкость схема разрушения с частичным разрезанием стенки отработавших трубопроводов и последующим их разрывом роликом может быть рекомендована с целью увеличения ресурса ножей и уменьшения доли простоев, связанных с их заменой и переточкой, путем применения для повторных проходов разрывающих роликов с большим радиусом их затупления. Рекомендуемая величина выступа дискового ножа за внутреннюю поверхность отработавшего трубопровода для осуществления его надреза по предлагаемой схеме должна изменяться в пределах 1–2 толщины его стенки.

3. С уменьшением отношения величины надрезанной части стенки разрушаемого трубопровода к ее общей толщине усилия разрушения возрастают по зависимости близкой к линейной, причем разрушение трубопроводов предлагаемыми рабочими органами сопровождается на 15–85 % меньшими усилиями, чем базовыми.

4. Установлено, что усилие разрезания отработавших трубопроводов прямо пропорционально радиусу эксплуатационного затупления дисковых ножей. При этом с увеличением радиуса затупления от 0 до 5 мм усилие разрезания увеличивается в 5 раз, а от 1 до 5 мм – в 2,5 раза.