

Критерии эффективности проведения бестраншейного ремонта трубопроводов водоснабжения и канализации

О. А. Продоус, генеральный директор ООО «ИНКО-инжиниринг»

Предложены критерии оценки эффективности проведения бестраншейного ремонта трубопроводов водоснабжения и канализации по гидравлическим и стоимостным характеристикам. Приведено сравнение этих критериев для двух способов — с разрушением и без разрушения старого трубопровода.

Ключевые слова: бестраншейный ремонт, труба, полиэтилен, гидравлический потенциал.

В настоящее время в стране эксплуатируется более 2 млн км трубопроводов систем водоснабжения и канализации, из которых от 40–70% изношены и требуют незамедлительной замены [1].

Возможны два способа замены изношенных труб: традиционный — раскопный и бестраншейный, исключая затраты на вывоз откопанного грунта при разработке траншеи и его обратной доставки для засыпки проложенного трубопровода, а также затрат на согласование комплекса разрешений на строительство, производство работ, на остановку (перенос) движения автотранспорта и др. При этом стоимость проведения бестраншейного ремонта весьма значительна, так как для реализации проекта потребуется также приобретение комплекта специального технологического оборудования, стоимость которого зависит от диаметра ремонтируемого трубопровода, способа проведения бестраншейного ремонта и наличия подготовленных специалистов для выполнения таких работ [2].

Так как бестраншейный ремонт — мероприятие дорогостоящее, то для оправдания вкладываемых в ремонт материальных средств требуется проводить оценку эффективности его проведения. Для этого автором предложены два специальных критерия оценки:

- по гидравлическим и эксплуатационным характеристикам трубопровода, характеризующим гидравлический потенциал трубопровода [3];
- по рациональной (обоснованной) стоимости затрат на проведение бестраншейного ремонта.

Рассмотрим предлагаемые критерии оценки на реальном примере ремонта старой водопроводной сети из стальных труб диаметром $d_{\text{вн.}}^{\text{ст.}} = 300$ мм, работающей под давлением $P_N = 1,0$ Мпа (10 кг/см^2), по которой проходит расход $q^{\text{ст.}} = 85,0$ л/с ($v^{\text{ст.}} = 1,12$ м/с, $1000 i = 6,190$ мм/м) [4]. Требуется увеличить подаваемый расход до $q^{\text{ис}} = 90,0$ л/с, обеспечивая его неизменность во времени за счет использования напорных полиэтиленовых труб, проложенных бестраншейно.

Возможны два способа проведения бестраншейного ремонта:

- протяжка внутрь — релайнинг, ремонтируемого участка сети после его гидродинамической очистки с затягиванием плети полиэтиленовых труб на один типоразмер меньшего диаметра, чем диаметр ремонтируемого участка. То есть протяжка плети труб $d_{\text{нар.}}^{\text{ис}} = 280$ мм в стальной трубопровод $d_{\text{вн.}}^{\text{ст.}} = 300$ мм без его разрушения;

- протаскивание внутрь ремонтируемого участка плети полиэтиленовых труб на один типоразмер большего диаметра со взламыванием ремонтируемого участка. То есть протяжка плети $d_{\text{нар.}}^{\text{ис}} = 315$ мм в разрушенный стальной трубопровод $d_{\text{вн.}}^{\text{ст.}} = 300$ мм. Требуется также произвести оценку эффективности каждого способа по предлагаемым критериям.

Для первого способа ремонта используется плеть полиэтиленовых труб с диаметрами $d_{\text{нар.}}^{\text{ис}} = 280 \times 16,6$ мм;

$$d_{\text{вн.}}^{\text{ис}} = d_{\text{нар.}}^{\text{ис}} - 2e, \text{ где } e \text{ — толщина стенки трубы, мм;}$$

$$d_{\text{вн.}}^{\text{ис}} = 280 - (2 \cdot 16,6) = 246,8 \text{ мм, при } q^{\text{ис}} = 90,0 \text{ л/с.}$$

Пропуск требуемого расхода $q^{\text{ис}} = 90,0$ л/с обеспечен по полиэтиленовой трубе меньшего на один типоразмер диаметра в режиме экономичных скоростей потока $1,0 \div 2,0$ м/с.

Определим удельные потери напора на трение и скорость потока для этого способа ремонта [5]:

$$v^{\text{ис}} = \frac{4 \cdot q^{\text{ис}}}{\pi \cdot d_{\text{вн.}}^{\text{ис}^2}} = \frac{4 \cdot 0,09}{3,14 \cdot 0,2468^2} = 1,88 \text{ м/с}$$

$$1000 i = 11,222 \text{ мм/м/}$$

Сравним гидравлические характеристики трубопровода до и после проведения ремонта первым способом. Результаты для сравнения заносим в таблицу 1.

Таблица 1

Гидравлические характеристики трубопровода							
до ремонта				после ремонта			
$q^{ст.}$, л/с	$d_{вн.}^{ст.}$, мм	$v^{ст.}$, м/с	1000 i , мм/м	$q^{ис.}$, л/с	$d_{вн.}^{ис.}$, мм	$v^{ис.}$, м/с	1000 i , мм/м
85,0	300	1,12	6,190	90,0	246,8	1,88	11,222

Сравнение значений показателей, характеризующих гидравлический потенциал сети до и после проведения ремонта первым способом, показывает, что подаваемый расход увеличился на 5,9% (с 85,0 до 90,0 л/с), а скорость потока возросла на 40,4% (с 1,12 до 1,88 м/с) за счет уменьшения внутреннего диаметра трубопровода на 17,7% (с 300 до 246,8 мм). Это привело к увеличению удельных потерь напора на трение в полиэтиленовом трубопроводе на 44,8% (с 6,190 до 11,222 мм/м) и возрастанию энергетических затрат на перекачку увеличенного на 5,9% расхода до $q^{ис.} = 90,0$ л/с.

Для проведения ремонта первым способом потребуется комплект оборудования для протяжки полиэтиленовой плети диаметром $d_{вн.}^{ис.} = 280$ мм в стальной трубопровод $d_{вн.}^{ст.} = 300$ мм, полиэтиленовые трубы для их сварки в плеть (рис. 1) и бригада специалистов*, проводящих бестраншейный ремонт. Стоимость услуг бригады специалистов включена в стоимость оборудования.



Рис. 1. Основное оборудование для способа «труба в трубе»

* Стоимость оборудования, включая рабочую силу, на 01.01.2017 г. была следующей:

- 1 — автоматическая гидравлическая лебедка — 1 020 000 руб., НДС в т. ч.;
- 2 — жесткий «трос-кобра» длиной 120 п. м для затяжки в стальной трубопровод крюка для зацепа протягиваемой гидравлической лебедкой плети полиэтиленовых труб $d_{вн.}^{ис.} = 280$ мм — 50 000 руб., НДС в т. ч.;

3 — автоматический стыковой сварочный аппарат для сварки труб $d_{\text{вар}}^{\text{ПС}} = 280$ мм в плетень — 1 100 000 руб., НДС в т. ч.;

4 — трубы ПЭ 100, SDR17, $d_{\text{вар}}^{\text{ПС}} = 280$ мм, $L=12$ м/шт. — 50 000 руб., НДС в т. ч.; стоимость 9 труб $d_{\text{вар}}^{\text{ПС}} = 280$ мм — 450 000 руб., НДС в т. ч.

Для подсчета затрат на проведение бестраншейного ремонта первым способом были использованы цены на ранее приобретенный комплект оборудования и полиэтиленовых труб [6]. Стоимость технологического оборудования может изменяться в зависимости от его комплектации и ведущих фирм-производителей, находящихся в Германии, Дании или Швеции. Приведенные стоимости относятся к оборудованию фирмы TRACTO-TECHNIK, Германия, выпускающего оборудование для бестраншейного ремонта трубопроводов.

Таким образом, стоимость комплекта технологического оборудования для протаскивания плети полиэтиленовых труб диаметром $d_{\text{вар}}^{\text{ПС}} = 280$ мм, длиной 108 п. м (9 труб) складывается из суммы затрат по позициям 1–4 с учетом стоимости услуг бригады специалистов из 3–4 человек:

$$1\,020\,000 + 50\,000 + 1\,100\,000 + 450\,000 = 2\,620\,000 \text{ руб., НДС в т. ч.}$$

Аналогично сумма затрат на проведение бестраншейного ремонта трубопровода диаметром $d_{\text{вн}}^{\text{СТ}} = 300$ мм со взламыванием стальных труб для протаскивания плети полиэтиленовых труб диаметром $d_{\text{вар}}^{\text{ПС}} = 315$ мм ($d_{\text{вн}}^{\text{ПС}} = 277,6$ мм) будет складываться из стоимости комплекта технологического оборудования и стоимости 9 труб диаметром $d_{\text{вар}}^{\text{ПС}} = 315$ мм и стоимости бригады, проводящей ремонты трубопровода. Стоимость комплекта оборудования* включает (рис. 2):

GRUNDOBURST 800 G

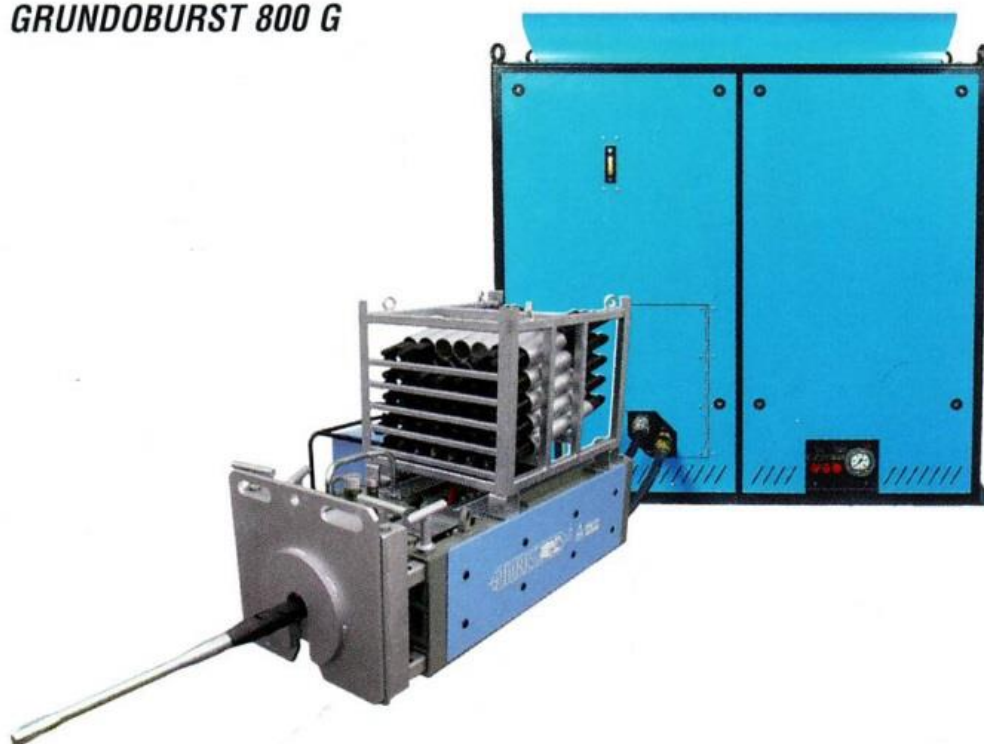


Рис. 2. Основное оборудование для способа «взламывание»

- 1 — лафет (оборудование — «Грюндобурст 800 G», Германия) и 140 специальных штанг (по 0,75 м — каждая);
- 2 — гидростанция с дизельным приводом;
- 3 — разрушающая насадка для труб $d_{\text{ст.}}^{\text{тр.}} = 300$ мм;
- 4 — вставной калибр для присоединения затягиваемой полиэтиленовой плети $d_{\text{вст.}}^{\text{пв}} = 315$ мм.

Стоимость комплекта технологического оборудования, согласно п.п. 1–4, 15 000 000 руб., НДС в т. ч.;

- 5 — автоматический стыковой сварочный аппарат для стыковой сварки труб диаметром 315 мм — 1 100 000 руб., НДС в т. ч.;
- 6 — стоимость 9 труб $d_{\text{вст.}}^{\text{пв}} = 315$ мм — 570 000 руб., НДС в т. ч.

* стоимость бригады, проводящей ремонт, включена в стоимость оборудования.

С учетом затрат на приобретение 9 полиэтиленовых труб стоимость комплекта труб для взламывания стальных труб $d_{\text{ст.}}^{\text{тр.}} = 300$ мм составляет:

$$15\,000\,000 + 1\,100\,000 + 570\,000 = 16\,670\,000 \text{ руб.}$$

Сравним гидравлические характеристики трубопровода до и после проведения ремонта вторым способом (табл. 2).

Таблица 2

Гидравлические характеристики трубопровода

до ремонта				после ремонта			
$q^{ст.}$, л/с	$d_{вн.}^{ст.}$, мм	$v^{ст.}$, м/с	1000 i , мм/м	$q^{пб.}$, л/с	$d_{вн.}^{пб.}$, мм	$v^{пб.}$, м/с	1000 i , мм/м
85,0	300	1,12	6,190	90,0	277,6	1,49	6,538

Сравнение значений гидравлических характеристик трубопровода до и после ремонта вторым способом показывает, что скорость потока возросла на 33,0% (с 1,12 до 1,49 м/с) за счет уменьшения внутреннего диаметра полиэтиленового трубопровода на 7,5% (с 300 до 277,6 мм), что приведет к увеличению удельных потерь напора на трение в полиэтиленовом трубопроводе на 5,6% (с 6,190 до 6,538 мм/м) и незначительному возрастанию энергетических затрат на транспортирование потока.

Сравнивая значения гидравлических характеристик по двум способам бестраншейного ремонта, приходим к выводу, что предпочтительным способом по гидравлическим характеристикам является второй способ.

Однако сравнивая величины ценовых значений второго критерия — стоимость приобретения комплекта технологического оборудования, включая трубы, по двум способам ремонта, приходим к выводу, что первый способ ремонта по стоимостным показателям на 84,3% дешевле стоимости второго, т. е. в 6,4 раза.

Таким образом, предложенные критерии оценки эффективности бестраншейного ремонта трубопроводов позволяют обоснованно принимать к реализации только тот способ ремонта, который в гидравлическом и стоимостном выражении обоснован цифровыми значениями предлагаемых критериев.

Поэтому, несмотря на меньшие значения удельных потерь напора для второго способа ремонта, следует применять первый способ, так как для него цифровые значения второго критерия в 9,26 раза меньше значения этого критерия, в сравнении со вторым способом ремонта.

Литература

1. 3М изобрело для России технологию — бестраншейный ремонт водопровода. // www.002.ru.fid/50, 02.03.2017.
2. Рекомендации по выбору способа и подбору технологического оборудования для бестраншейного ремонта инженерных сетей. // Под ред. докт. техн. наук, профессора О. А. Продоуса, НИИ АКХ им. К. Д. Памфилова, Санкт-Петербург, 2004. — 54 с.

3. Продоус О. А. Что дает учет гидравлического потенциала водопроводной сети города? «Трубопроводы и экология». // М., 2008, № 2. — С. 30–31.
4. Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Справочное пособие. — 10-е изд., дополненное. // М.: ООО «Издательский Дом «Бастет», 2014. — 384 с.
5. Продоус О. А. Таблицы для гидравлического расчета труб напорных из полиэтилена. Справочное пособие. Издание 2-е — переработанное и дополненное. // Издательский дом Герда», Санкт-Петербург, 2011. — 240 с. ил.
6. Продоус О. А. Приоритеты при выборе технологического оборудования и материалов для бестраншейного ремонта инженерных сетей в регионах Российской Федерации. // Доклад на 26-й Всероссийской конференции международного общества по бестраншейным технологиям NO-DIG 2008. Москва 3–6 июня 2008.