



УДК 628.144.22

О. А. ПРОДОУС¹, д-р техн. наук, проф., независимый эксперт по «Водоснабжению и водоотведению»; **П. П. ЯКУБЧИК²**, канд. техн. наук, проф. кафедры водоснабжения, водоотведения и гидравлики; **Д. И. ШЛЫЧКОВ³**, канд. техн. наук, доц. кафедры водоснабжения и водоотведения; **А. А. ШИПИЛОВ⁴**, канд. техн. наук, ген. директор

ЗАВИСИМОСТЬ ОСТАТОЧНОГО ПЕРИОДА ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗНОШЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОДОПРОВОДОВ ОТ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ ОТЛОЖЕНИЙ В ТРУБАХ

¹Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 37/1, лит. А, пом. 1-Н
Тел.: (921) 967-27-25; эл. почта: pro@enco.su

²ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
Россия, 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9. Тел.: (921) 346-54-45;
эл. почта: p.jakub@mail.ru

³ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26. Тел.: (926) 286-56-54;
эл. почта: ShlyichkovDI@mgsu.ru

⁴ООО «СпецСтройПроект»
Россия, 191036, г. Санкт-Петербург, проспект Лиговский, д. 10/118, офис 3126.
Тел.: (921) 970-16-34; эл. почта: shipilov2000@mail.ru

Ключевые слова: изношенные металлические трубы, внутренние отложения, гидравлическая эффективность, расчетные формулы, остаточный период эксплуатации изношенных труб.

Предложено оценивать период остаточной продолжительности эксплуатации использования труб из стали и серого чугуна по значению коэффициента эффективности их эксплуатации. Проведенные исследования позволяют определить значения коэффициента эффективности использования трубопровода, смонтированного из труб из стали и серого чугуна, характеризующего остаточную продолжительность и гидравлическую эффективность его эксплуатации. Выведена формула для определения коэффициента гидравлической эффективности использования металлических трубопроводов водоснабжения, являющегося отношением значений. Разработанная методика рекомендуется к использованию для определения возможности продления периода дальнейшего использования изношенных металлических трубопроводов водоснабжения, а также для прогнозирования продолжительности периода их остаточной эксплуатации.

Особенностью трубопроводов водоснабжения из стали и серого чугуна, в том числе в условиях Крайнего Севера, является возможность их внутренней поверхности покрываться отложениями в процессе длительной эксплуатации. Толщина образования слоя отложений на внутренних стенках труб из стали и серого чугуна зависит от физико-химического состава транспортируемой воды, режима ее движения по трубам и возраста трубопровода. Установлено, что чем меньше скорость потока, тем больше толщина слоя отложений в трубах [1, 2, 3].

Авторами установлено, что толщина фактического слоя отложений на



внутренних стенках труб влияет на значения характеристик гидравлического потенциала трубопровода водоснабжения. При этом изменяются величины фактического внутреннего диаметра – $d_{вн}^ф$, фактической скорости потока жидкости – $V_ф$ и фактических потерь напора на сопротивление по длине – $i_ф$ [4, 5]. Поэтому использование справочных пособий Ф. А. Шевелева «Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб» для гидравлического расчета трубопроводов из неновых металлических труб из стали и серого чугуна приводит к возникновению погрешностей при расчете фактических потерь напора по длине, которая может достигать более 80 % [5, 7].

Погрешность расчета значений потерь напора по длине трубопровода, в свою очередь, приводит к ошибкам в подборе насосного оборудования, используемого для транспортирования воды потребителям, а, значит, и к завышению стоимости 1 м³ воды [8, 9].

В процессе эксплуатации трубопроводов водоснабжения из металлических труб и прогнозирования периода продолжительности их остаточного использования необходимо контролировать значение фактической толщины слоя внутренних отложений $\delta_ф$, изменяющейся в процессе жизненного цикла «эксплуатация» [10].

Поэтому обоснование необходимости разработки проектов реконструкции металлических трубопроводов водоснабжения должно производиться на основе анализа значений величин коэффициентов эффективности использования труб из стали и серого чугуна $K_{эф}$, по экспертной оценке которых производится определение фактических значений характеристик гидравлического потенциала труб и обоснование необходимости разработки проектов реконструкции трубопроводов.

Методы исследований

Эффективным трубопроводом из металлических труб считается трубопровод, который имеет минимальные значения фактических потерь напора на сопротивление по длине $h_ф$. Фактические потери $h_ф$ зависят от фактического гидравлического уклона $i_ф$ и длины трубопровода. Потери напора на сопротивление по длине существенно влияют на величину энергозатрат насосного оборудования, то есть на значение фактических характеристик гидравлического потенциала трубопроводов [17].

Гидравлический потенциал изношенных металлических трубопроводов водоснабжения характеризуется следующими параметрами (рис. 1):

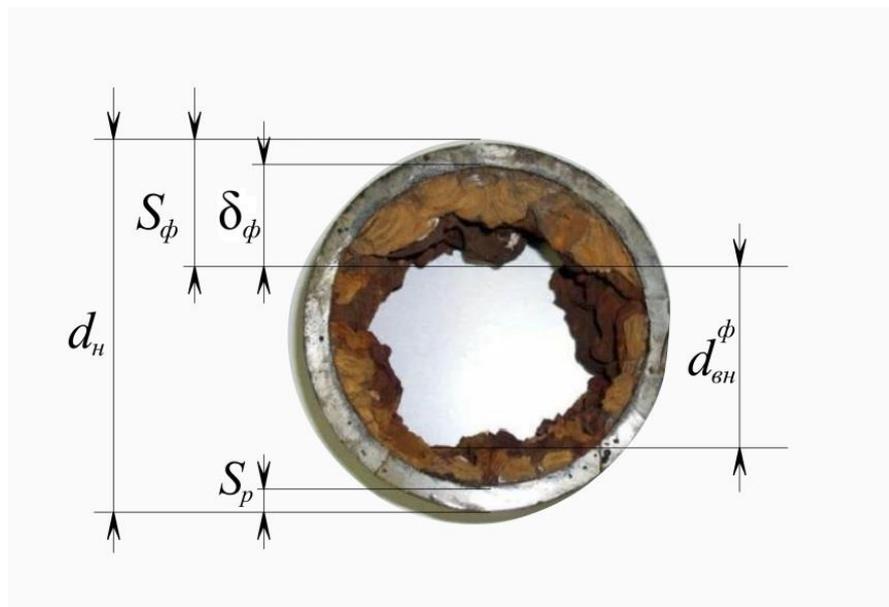


Рис. 1. Фрагмент внутренних отложений в чугунных трубопроводах из серого чугуна: $d_{вн}^\phi$ – фактический внутренний диаметр труб, м; V_ϕ – фактическая средняя скорость потока, м/с; i_ϕ – фактический гидравлический уклон, по величине которого определяются фактические потери напора на трение по длине трубопровода, м/м; d_n – наружный диаметр труб по ГОСТ, м; S_p – толщина стенки трубы по ГОСТ, м; S_ϕ – толщина стенки трубы с внутренним слоем отложений, м; δ_ϕ – фактическая толщина слоя внутренних отложений, м

Потери напора по длине трубопровода h_ϕ в водопроводах определяются по формуле:

$$h_\phi = i_\phi \cdot \ell, \quad (1)$$

где i_ϕ – фактический гидравлический уклон, определяющий потерю напора на единицу длины водопровода; ℓ – длина водопровода.

Результаты и обсуждения

С учетом местных потерь напора в арматуре и фасонных частях, которые составляют не более 5–10 % от величины потерь напора по длине, общие потери напора определяются по формуле:

$$h_{тр.\phi} = (1,05 - 1,1) \cdot i_\phi \cdot \ell. \quad (2)$$

Величину фактического гидравлического уклона i_ϕ для изношенных металлических (стальных и чугунных) трубопроводов, работающих в квадратичной области $V_\phi \geq 1,2$ м/с, принято определять по формуле Ф. А. Шевелева [7, 11]:

$$i_\phi = 0,00107 \frac{V_\phi^2}{(d_{вн}^\phi)^{1,3}}, \quad (3)$$

где V_ϕ – фактическая скорость потока, м/с, зависящая от значения величины фактического внутреннего диаметра труб $d_{вн}^\phi$, с учетом толщины слоя внутренних отложений на их стенках δ_ϕ .

Для неновых стальных и чугунных трубопроводов водоснабжения, работающих в переходной области при $V_\phi < 1,2$ м/с, Ф. А. Шевелевым рекомендована следующая формула:



$$i_{\phi} = 0,000912 \frac{V_{\phi}^2}{d_{\phi}^{1,3}} \left(1 + \frac{0,867}{V_{\phi}}\right)^{0,3}. \quad (4)$$

Совокупностью значений характеристик гидравлического потенциала изношенных металлических труб $d_{\text{вн}}^{\phi}$, V_{ϕ} , i_{ϕ} определяется значение эффективности эксплуатации трубопроводов водоснабжения $K_{\text{эф}}$, характеризующего период остаточной продолжительности и гидравлическую эффективность их использования:

$$K_{\text{эф}} = \frac{N_{\text{дв}}^{\text{р}}}{N_{\text{дв}}^{\phi}} = \frac{i_{\text{р}} (d_{\text{вн}}^{\text{р}})^2 \cdot V_{\text{р}}}{i_{\phi} (d_{\text{вн}}^{\phi})^2 \cdot V_{\phi}}, \quad (5)$$

где $N_{\text{дв}}^{\text{р}}$ – расчетное (паспортное) значение энергозатрат насосного оборудования на момент запуска нового трубопровода в эксплуатацию, кВт/ч [12]; $N_{\text{дв}}^{\phi}$ – значения фактических энергозатрат насосного оборудования на момент проведения оценки, кВт/ч.

$$N_{\text{дв}}^{\text{р}(\phi)} = 10^6 \cdot i_{\text{р}(\phi)} (d_{\text{вн}}^{\text{р}(\phi)}) \cdot V_{\text{р}(\phi)} \cdot \frac{0,00808}{\eta}. \quad (6)$$

Здесь $i_{\text{р}}$, $d_{\text{вн}}^{\text{р}}$, $V_{\text{р}}$ – значения расчетных (паспортных) характеристик гидравлического потенциала новых труб на момент запуска трубопровода в эксплуатацию; i_{ϕ} , $d_{\text{вн}}^{\phi}$, V_{ϕ} – значения фактических характеристик потенциала неновых труб на момент оценки; η – КПД насоса. Для расчетов принимают значение $\eta = 0,7$.

Величина фактического внутреннего диаметра $d_{\text{вн}}^{\phi}$ с учетом толщины слоя внутренних отложений на стенках труб определяется по формуле (7) [4]:

$$d_{\text{вн}}^{\phi} = (d_{\text{н}} - 2S_{\text{р}}) - 2\delta_{\phi}, \text{ м}, \quad (7)$$

где $d_{\text{н}}$ – наружный диаметр трубы, м;

$S_{\text{р}}$ – толщина стенки трубы по стандарту;

δ_{ϕ} – фактическая толщина слоя внутренних отложений, м.

Фактическая (средняя) скорость потока жидкости V_{ϕ} , м/с, определяется по формуле (8):

$$V_{\phi} = \frac{4q}{\pi (d_{\text{вн}}^{\phi})^2}, \quad (8)$$

где q – заданный расход, м³/с.

С учетом значений величин фактического внутреннего диаметра $d_{\text{вн}}^{\phi}$ и фактической скорости потока жидкости V_{ϕ} формулы (3) и (4) принимают вид:

$$i_{\phi} = 0,00107 \frac{V_{\phi}^2}{[(d_{\text{н}} - 2S_{\text{р}}) - 2\delta_{\phi}]^{1,3}}, \text{ мм/м}; \quad (9)$$

$$i_{\phi} = 0,000912 \frac{V_{\phi}^2}{[(d_{\text{н}} - 2S_{\text{р}}) - 2\delta_{\phi}]^{1,3}} + \left(1 + \frac{0,867}{V_{\phi}}\right)^{0,3}, \text{ мм/м}. \quad (10)$$

По значениям величины коэффициента гидравлической эффективности $K_{\text{эф}}$ производится экспертная оценка продолжительности остаточного использования металлического водопровода и устанавливается очередность замены труб, достигших предельного состояния.

Практическая значимость

Установлены четыре зоны изменения значений $K_{\text{эф}}$, характеризующих эффективность использования неновых металлических трубопроводов:

**I зона:**

$0,95 \geq K_{\text{эф}} \leq 1$ – зона эффективного использования трубопровода с минимальными значениями фактического гидравлического уклона $i_{\text{ф}}$. Трубопровод подлежит дальнейшему использованию.

II зона:

$0,90 \geq K_{\text{эф}} \leq 0,95$ – зона энергозатратного использования трубопровода, характеризующая повышенными значениями величины фактического гидравлического уклона $i_{\text{ф}}$. Дальнейшее использование трубопровода – энергозатратно. Требуется разработка проекта реконструкции трубопровода.

III зона:

$K_{\text{эф}} \leq 0,90$ – зона нецелесообразного использования трубопровода с недопустимыми значениями величины фактического гидравлического уклона $i_{\text{ф}}$. Дальнейшее использование трубопровода – нецелесообразно. Требуется реконструкция трубопровода с заменой на новый с обоснованием выбора материала труб [13, 14].

IV зона:

$K_{\text{эф}} \leq 0,8$ – зона недопустимого использования трубопровода. Требуется вывод трубопровода из эксплуатации и перекладка на новый [15].

В табл. 1 приведена прогнозируемая продолжительность остаточного периода значения использования металлического трубопровода водоснабжения в зависимости от величины коэффициента эффективности $K_{\text{эф}}$.

Таблица 1

Диапазон изменений значений $K_{\text{эф}}$

Значение величины $K_{\text{эф}}$	Продолжительность периода остаточной эксплуатации трубопровода из стали и серого чугуна $T_{\text{исп}}$, лет
$0,95 \leq K_{\text{эф}} \leq 1$	$T_{\text{исп}} \geq 10$ лет с ежегодным контролем значений фактических потерь напора $i_{\text{ф}}$ и толщины фактического слоя отложений $\delta_{\text{ф}}$
$0,90 \leq K_{\text{эф}} \leq 0,95$	$T_{\text{исп}} \geq$ не менее 5 лет с ежегодным контролем значений $i_{\text{ф}}$ и $\delta_{\text{ф}}$
$0,80 \leq K_{\text{эф}} \leq 0,90$	Трубопровод эксплуатировать нецелесообразно
$K_{\text{эф}} < 0,80$	Трубопровод эксплуатировать недопустимо

Таким образом, фактическая толщина слоя внутренних отложений на стенках металлических труб $\delta_{\text{ф}}$ изменяется во времени, зависит от качества питьевой воды и характеризует фактическое энергопотребление насосных агрегатов, перекачивающих воду потребителям (формула (6)).

Приведем пример, подтверждающий это заключение.

Условия задачи

По водоводу из труб диаметром 426 мм из серого чугуна подается потребителям расход $q = 120$ л/с ($0,12$ м³/с). Водовод эксплуатируется 11 лет и имеет слой внутренних отложений $\delta_{\text{ф}}=30$ мм. Рассчитать характеристики гидравлического потенциала данного водовода и построить графики изменения значений $i_{\text{ф}}$ и $N_{\text{дв}}^{\text{ф}}$ при разной толщине слоя внутренних отложений в трубах $\delta_{\text{ф}}$.

**Решение**

Расчетные формулы для гидравлического расчета чугунного водовода $d_n = 426$ мм, приведены в Справочном пособии [16].

Результаты гидравлического расчета труб с разной толщиной слоя отложений δ_ϕ для сравнения сведены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные и фактические характеристики

Заданный расход, q , л/с	Значения характеристик труб							
	новых				с разной толщиной δ_ϕ , мм			
	$d_{вн}^p$, м	V_p , м/с	i_p , мм/м	$N_{дв}^p$, кВт/ч	$d_{вн}^\phi$, * м	V_ϕ , м/с	i_ϕ , мм/м	$N_{дв}^\phi$, кВт/ч
120,0	0,412	0,90	0,00275	4,84	–	–	–	–
					0,402	0,95	0,00325	5,76
					0,392	0,99	0,00354	6,22
					0,382	1,05	0,00412	7,29
					0,372	1,10	0,00468	8,23
					0,362	1,17	0,00549	9,71
					0,352	1,23	0,00629	11,06

Примечание: * $d_{вн}^\phi = (d_n - 2 S_p) - 2 \delta_\phi$, м

Сравнение значений характеристик новой трубы диаметром $d_n = 426$ мм ($d_{вн} = 0,412$ м) и трубы того же диаметра с толщиной слоя отложений $\delta_\phi = 30$ мм ($d_{вн} = 0,326$ м) показывает следующее:

– за счет толщины слоя отложений $\delta_\phi = 30$ мм изменяется фактический внутренний диаметр труб: $d_{вн}^p = 0,412$ м $>$ $d_{вн}^\phi = 0,326$ м, на 20,9 % или в 1,26 раза;

– изменяется в сравнении с расчетной V_p фактическая скорость движения воды V_ϕ : $V_p = 0,90$ м/с $<$ $V_\phi = 1,23$ м/с на 26,8 % или в 1,37 раза;

– изменяется значение фактического гидравлического уклона труб i_ϕ в сравнении с расчетным значением i_p : $i_p = 0,00275$ мм/м $<$ $i_\phi = 0,00629$ мм/м, на 56,3 % или в 2,29 раза;

– в сравнении с расчетным значением $N_{дв}^p$ изменяется фактическое энергопотребление насосного агрегата $N_{дв}^\phi$: $N_{дв}^p = 4,84$ кВт/ч $<$ $N_{дв}^\phi = 11,06$ кВт/ч, на 56,2 %, или в 2,29 раза.

Изменение значений перечисленных характеристик труб, естественно, повлияет на продолжительность остаточного периода эксплуатации изношенных труб, как показано в табл. 1.

Ниже, на рис. 2 и 3, приведены графики зависимости:

$i_{p(\phi)} = f(\delta_\phi)$ и $N_{дв}^{p(\phi)} = f(\delta_\phi)$, построенные по данным табл. 2 для диапазона скоростей $V_{p(\phi)} = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5$ м/с.

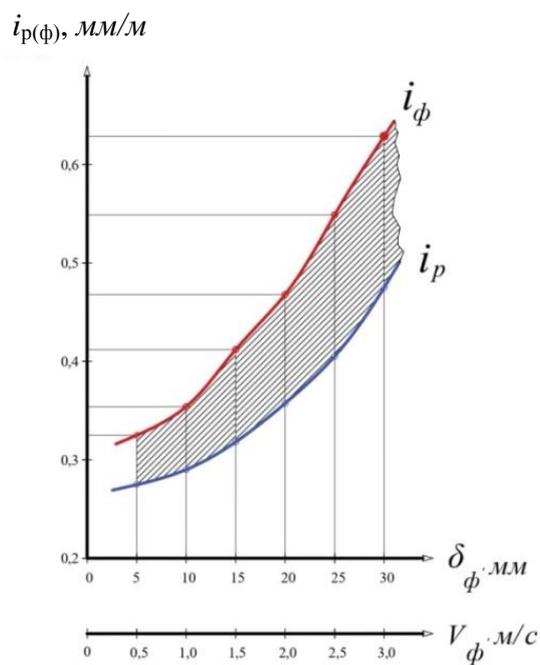


Рис. 2. Графики зависимости $i_{p(\phi)} = f(\delta_{\phi})$

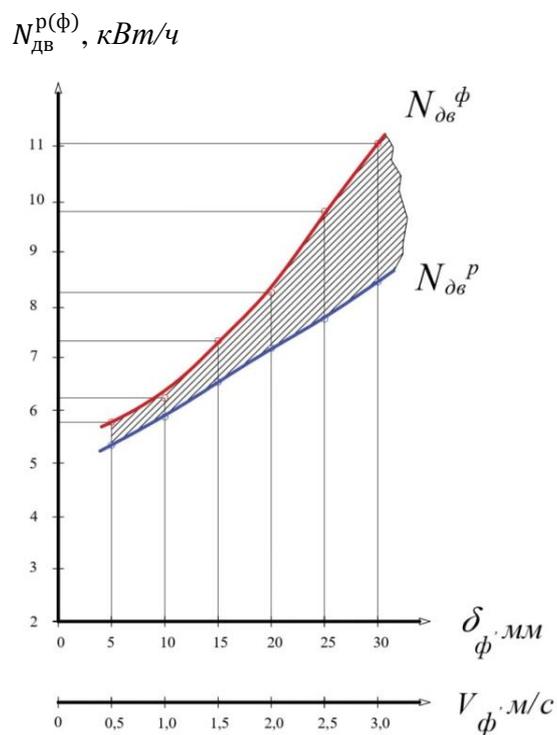


Рис. 3. Графики зависимости $N_{дв}^{p(\phi)} = f(\delta_{\phi})$



Заключение

Таким образом, на основании многочисленных исследований авторами предложена методика оценки гидравлической эффективности эксплуатации металлических водопроводов. Показана зависимость периода продолжительности остаточного использования изношенных труб от толщины фактического слоя внутренних отложений. Методика гидравлического прогнозирования продолжительности остаточного использования металлических трубопроводов из стали и серого чугуна сводится к поэтапной оценке значений характеристик гидравлического потенциала труб $d_{вн}^{\phi}$, V_{ϕ} и i_{ϕ} , входящих в расчетную зависимость для определения величины значения $K_{эф}$ (формула 5).

Для обоснования необходимости разработки проектов реконструкции изношенных металлических трубопроводов из стали и серого чугуна необходимо проводить оценку периода остаточной продолжительности их использования на основе предложенной методики гидравлического прогнозирования, предусматривающей:

- расчет значений расчетных характеристик гидравлического потенциала для новых труб – $d_{вн}^p$, V_p , i_p ;
- расчет фактических значений гидравлического уклона i_{ϕ} с учетом измеренной прибором фактической толщины слоя внутренних отложений δ_{ϕ} ;
- расчет фактических характеристик гидравлического потенциала действующего металлического трубопровода – $d_{вн}^{\phi}$, V_{ϕ} , i_{ϕ} с учетом значений δ_{ϕ} ;
- экспертное прогнозирование продолжительности остаточного периода использования металлических трубопроводов водоснабжения по значению коэффицента эффективности их эксплуатации $K_{эф}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рейзин, Б. Л. Коррозия и защита коммунальных водопроводов / Б. Л. Рейзин, И. В. Стрижевский, Ф. А. Шевелев. – Москва : Стройиздат, 1979. – 398 с. : ил. – Текст : непосредственный.
2. Воинцева, И. И. Продление периода эксплуатации трубопроводов систем водоснабжения из стальных и чугунных труб / И. И. Воинцева, М. Г. Новиков, О. А. Продоус. – Текст : непосредственный // «Инженерные системы» АВОК-Северо-Запад. – 2019. – № 1. – С. 44–47.
3. Дерюшев, Л. Г. Показатели надежности трубопроводных систем водоснабжения и водоотведения / Л. Г. Дерюшев. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 12. – С. 6–9.
4. Продоус, О. А. О необходимости разработки таблиц для гидравлического расчета изношенных металлических трубопроводов водоснабжения с разной толщиной слоя внутренних отложений / О. А. Продоус, А. А. Шипилов, П. П. Якубчик. – Текст : непосредственный // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2021. – № 3 (159). – С. 48–52.
5. Продоус О. А., Якубчик П. П. Гидравлический расчет трубопроводов из полимерных материалов с учетом параметров шероховатости внутренней поверхности труб / О. А. Продоус, П. П. Якубчик. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2020. – № 11. – С. 55–60.
6. Анализ погрешностей при гидравлическом расчете металлических трубопроводов водоснабжения с использованием справочных пособий Ф. А. Шевелева, О. А. Продоус, А. А. Шипилов, Л. Д. Терехов, П. П. Якубчик. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2020. – № 3. – С.49–54.



7. Шевелев, Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Справочное пособие / Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – 11-е изд., дополненное. – Москва : Бастет, 2016. – 426 с. – ISBN 978-5-903178-43-8. – Текст : непосредственный.
8. Лезунов, Б. С. Энергосбережения и регулируемый привод в насосных установках / Б. С. Лезунов. – Москва : Ягорба, 1998. – 179 с. – Текст : непосредственный.
9. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и оповещении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Режим доступа: КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф. – Текст : электронный.
10. Патент № 207822 Российская Федерация. Устройство для измерения толщины отложений в трубе : дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей РФ 18.11.2021 г. : опубл. 18.11.2021 / Продоус О. А., Шлычков Д. И. Бюл. № 32. – Текст : непосредственный.
11. Шевелев, Ф. А. Исследование основных гидравлических закономерностей турбулентности в трубах / Ф. А. Шевелев. – Москва : Госстройиздат, 1953. – 208 с. – Текст : непосредственный.
12. Резервы экономии электроэнергии при транспортировании воды по водоводам из железобетонных труб / В. С. Дикаревский, П. П. Якубчик, О. А. Продоус, Ю. А. Смирнов. – Текст : непосредственный // Рациональное использование воды и топливно-энергетических ресурсов в коммунальном и водном хозяйстве : тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара, Алма-Ата, 6-8 августа 1985 г. – Москва, 1985. – С. 90–92.
13. СП 31.13330-2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Water supply/ Pipe-lines and portable water treatment plants: свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 635/14 : дата введения 01.01.2013. – Москва : Кодекс. – URL: <https://docs/cntd.ru/document/1200093820>. – Текст : электронный.
14. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства : разработано НИИ КВОВ АКХ им. К. Д. Памфилова : дата введения 1990-07-01. – URL: <http://docs/cntd.ru/document/1200029019>. – Текст : электронный.
15. МДК 3-02.2001. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации : официальное издание : утвержден приказом Госстроя России от 30.12.1999 № 168. – 123 с. – URL: <http://docs.ctd.ru/document/1200025707>. – Текст : электронный.
16. Продоус, О. А. Толщины для гидравлического расчета водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями : справочное пособие / О. А. Продоус, А. А. Шпилов, П. П. Якубчик. – Санкт-Петербург ; Москва : Перо, 2021. – 238 с. : ил. – ISBN 978-5-00189-357-8. – Текст : непосредственный.
17. Продоус, О. А. Особенности гидравлического расчета водопроводов из металлических, полимерных и металлополимерных труб : терминологический словарь по наружным сетям водоснабжения и канализации / О. А. Продоус, А. А. Шпилов, П. П. Якубчик. – Санкт-Петербург ; Москва : Перо, 2023. – 288 с. : ил. – ISBN 978-5-00218-491-0. – Текст : непосредственный.
9. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и оповещении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
10. Продоус О. А., Шлычков Д. И. Устройство для измерения толщины отложений в трубе. Патент на полезную модель № 207822. Дата государственной регистрации в Госреестре полезных моделей РФ 18.11.2021.
11. Шевелев Ф. А. Исследование основных гидравлических закономерностей турбулентности в трубах. – Москва: Госстройиздат, 1953. – 208 с.



12. Дикаревский В. С., Якубчик П. П., Продоус О. А., Смирнов Ю. А. Резервы экономии электроэнергии при транспортировании воды по водоводам из железобетонных труб // Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара «Рациональное использование воды и топливно-энергетических ресурсов в коммунальном и водном хозяйстве». Алма-Ата, 6-8 августа 1985 г. – Москва: КСМ ВСНТО, 1985. – С. 90–92.

13. СП 31.13330-2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения /Water supply/ Pipe-lines and portable water treatment plants: свод правил: издание официальное: утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 635/14: дата введения 01.01.2013. Москва: АО «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200093820>.

14. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства. // Дата введения 1990-07-01. // Разработано НИИ КВОВ АКХ им. К. Д. Памфилова. // <http://docs.cntd.ru/document/1200029019>.

15. МДК 3-02.2001 Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации. Официальное издание. // Утвержден приказом Госстроя России от 30.12.99 г, № 168. – 123 с. // <http://docs.ctd.ru/document/1200025707>.

16. Продоус О. А., Шипилов А. А., Якубчик П. П. Толщины для гидравлического расчета водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями. Справочное пособие I-е издание: «Перо» Санкт-Петербург – Москва. 2021. – 238 с. ил.

17. Продоус О. А., Якубчик П. П., Шлычков Д. И. Особенности гидравлического расчета водопроводов из металлических, полимерных и металлополимерных труб. Терминологический словарь по наружным сетям водоснабжения и канализации. Научное издание: «Перо». Санкт-Петербург, Москва. 2023. – 288 с. ил.

PRODOUS Oleg Aleksandrovich¹, doctor of technical sciences, professor, independent expert on water supply and water disposal; YAKUBCHIK Piotr Petrovich², candidate of technical sciences, professor of the chair of water supply and hydraulics; SHLYCHKOV Dmitry Ivanovich³, candidate of technical sciences, associate professor of chair of water supply and water disposal; SHIPILOV Andrey Aleksandrovich⁴, candidate of technical sciences, director

DEPENDENCE OF THE RESIDUAL PERIOD OF OPERATION OF WORN-OUT METAL WATER PIPES ON THE THICKNESS OF THE SEDIMENT LAYER IN THE PIPES

¹190005, Saint Petersburg, Moskovsky prospekt 37/1, lit. A, room 1-H. Tel.: +7 (921) 967-27-25; e-mail: pro@enco.su

²Emperor Alexander I St. Peterburg State Transport University
9, Moskovsky prospekt, Saint Petersburg, Russia, 190031, Tel.: +7 (921) 346-54-45;
e-mail: p.jakub@mail.ru

³Moscow State University of Civil Engineering
26, Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337. Tel.: +7 (926) 286-56-54;
e-mail: ShlyichkovDI@mgsu.ru

⁴LLC Spetsstroyproekt
10/118, Ligovsky prospekt., office 3126, 191036, St. Petersburg. Tel.: +7 (921) 970-16-34,
e-mail: shipilov2000@mail.ru

Key words: worn metal pipes, internal deposits, hydraulic efficiency, calculation formulas, residual period of operation of worn pipes.



The article proposes the estimation of the residual operational duration of steel and grey cast iron pipes based on the efficiency coefficient of their operation. The results of the conducted studies allow us to determine the values of the efficiency coefficient of the pipeline, mounted from steel and gray cast iron pipes, which characterize the residual duration and hydraulic efficiency of its operation. The formula for determining the coefficient of hydraulic efficiency of metal water supply pipelines is derived by calculating the ratio of values. It is recommended to employ the developed technique when determining the feasibility of extending the operational lifespan of worn-out metal water supply pipelines, as well as for forecasting the duration of their residual operation.

REFERENCES

1. Reizin B. L., Strizhevsky I. V., Shevelev F. A. Korroziya i zashchita kommunalnykh vodoprovodov [Corrosion and protection of communal water pipes]. Moscow, Stroyizdat, 1979. 398 p. ill.
2. Vointseva I. I., Novikov M. G., Prodous O. A. Prodlenie perioda ekspluatatsii truboprovodov sistem vodosnabzheniya iz stalnykh i chugunnykh trub [Prolongation of the period of operation of pipelines of water supply systems made of steel and cast iron pipes]. Inzhenernye sistemy AVOK-Severo-Zapad, № 1, 2019. P. 44–47.
3. Deryushev L. G. Pokazateli nadezhnosti truboprovodnykh sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya [Reliability indicators of pipeline systems of water supply and sanitation]. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary engineering]. № 12, 2001. P. 6–9.
4. Prodous O. A., Shipilov A. A., Yakubchik P. P. O neobkhodimosti razrabotki tablits dlya gidravlicheskogo rascheta iznoshennykh metallicheskiykh truboprovodov vodosnabzheniya s raznoy tolshchinoy sloya vnutrennikh otlozheniy [On the need to develop tables for the hydraulic calculation of worn-out metal water supply pipelines with different thickness of the layer of internal deposits]. Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie [Water treatment. Water treatment. Water supply]. 2021, № 3 (159). P. 48–52.
5. Prodous O. A., Yakubchik P. P. Gidravlicheskiy raschet truboprovodov iz polimernykh materialov s uchetom parametrov sherokhovatosti vnutrenney poverkhnosti trub [Hydraulic calculation of pipelines made of polymer materials taking into account the roughness parameters of the inner surface of pipes]. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary engineering]. № 11, 2020. P. 55–60.
6. Prodous O. A., Shipilov A. A., Terekhov L. D., Yakubchik P. P. Analiz pogreshnostey pri gidravlicheskoy raschete metallicheskiykh truboprovodov vodosnabzheniya s ispolzovaniem spravochnykh posobiy F. A. Sheveleva [Error analysis in the hydraulic calculation of metal water supply pipelines using reference manuals of F. A. Shevelev]. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary engineering]. № 3, 2020. P. 49–54.
7. Shevelev F. A. Shevelev A. F. Tablitsy dlya gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnykh trub [Tables for hydraulic calculation of water-conducting pipes]. spravochnoe posobie, 11-e izd., dopolnennoe. Moscow, Bastet, 2016, 426 p.
8. Lezunov B. S. Energoberezheniya i reguliruemyy privod v nasosnykh ustanovkakh [Energy saving and adjustable drive in pumping units]. Moscow, Yagorba, 1998, 179 p.
9. Ob energoberezhenii i opoveshchenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmeneniy v otdelnye zakonodatelnye akty RF: Federalnyy zakon RF ot 23 noyabrya 2009 g. № 261-FZ. [On Energy Saving and Energy Efficiency Notification and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation: Federal Law of the Russian Federation No. 261-FZ dated November 23, 2009].
10. Patent № 207822 Rossiyskaya Federatsiya. Ustroystvo dlya izmereniya tolshchiny otlozheniy v trube [Device for measuring the thickness of deposits in a pipe] : data



gosudarstvennoy registratsii v Gosudarstvennom reestre poleznykh modeley RF 18.11.2021 g. : opubl. 18.11.2021 / Prodous O. A., Shlychkov D. I. № 32.

11. Shevelev F. A. Issledovanie osnovnykh gidravlicheskiy zakonomernostey turbulentnosti v trubakh [Investigation of the main hydraulic patterns of turbulence in pipes]. Moscow, Gosstroizdat, 1953, 208 p.

12. Dikarevsky V. S., Yakubchik P. P., Prodous O. A., Smirnov Yu. A. Rezervy ekonomii elektroenergii pri transportirovaniy vody po vodovodam iz zhelezobetonnykh trub [Reserves of energy saving during water transportation through pipelines from reinforced concrete pipes]. Ratsionalnoe ispolzovanie vody i toplivno-energeticheskikh resursov v kommunalnom i vodnom khozyaystve [Rational use of water and fuel and energy resources in public utilities and water management]: tezisy dokladov Vsesoyuznogo nauchno-tekhnicheskogo seminara, Alma-Ata, August 6-8, 1985, Moscow, 1985. P. 90–92.

13. SP 31.13330-2021. Vodospabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya [Water supply. Pipe-lines and portable water treatment plants]: svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhen prikazom Ministerstva regionalnogo razvitiya RF (Minregion Rossii) ot 29 dekabrya 2011 g. № 635/14 : data vvedeniya 01.01.2013. Moscow, Kodeks. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200093820>.

14. Polozhenie o provedenii planovo-predupreditelnogo remonta na predpriyatiyakh vodoprovodno-kanalizatsionnogo khozyaystva [Regulations on carrying out scheduled preventive maintenance at water supply and sewerage enterprises]: razrabotano NII KVOV AKKH im. K. D. Pamfilova : data vvedeniya 1990-07-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/dpdocument/1200029019>.

15. MDK 3-02.2001 Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii sistem i sooruzheniy kommunalnogo vodospabzheniya i kanalizatsii [Rules of technical operation of systems and structures of municipal water supply and sewerage]: ofitsialnoe izdanie : utverzhen prikazom Gosstroya Rossii ot 30.12.1999 № 168. 123 p. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200025707>.

16. Prodous O. A., Shipilov A. A., Yakubchik P. P. Tolshchiny dlya gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnykh trub iz stali i serogo chuguna s vnutrennimi otlozheniyami [Thicknesses for hydraulic calculation of water pipes made of steel and gray cast iron with internal deposits]: spravochnoe posobie, St. Petersburg, Moscow. Pero, 2021, 238 p. ill.

17. Prodous O. A., Yakubchik P. P., Shlychkov D. I. Osobennosti gidravlicheskogo rascheta vodoprovodov iz metallicheskiy, polimernykh i metallopolimernykh trub [Features of hydraulic calculation of water pipes made of metal, polymer and metal polymer pipes]. Terminologicheskiy slovar po naruzhnym setyam vodospabzheniya i kanalizatsii. St. Petersburg, Moscow, Pero, 2023, 288 p. ill.

© О. А. Продоус, П. П. Якубчик, Д. И. Шлычков, А. А. Шипилов, 2024

Получено: 27.05.2024 г.