

Раздел 4. Экологическая безопасность

УДК 628.14.1.001

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ С ВНУТРЕННИМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

Продоус¹ О.А., Шлычков² Д.И., Челоненко³ А.Г.

^{1,3} ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ПГУПС), 190031, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, 9,

E-mail: ¹pro@enco.su, ³andreicelonenco@mail.ru

² Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,

E-mail: ²ShlyichkovDI@mgsu.ru

Аннотация. Предмет исследования: Гидравлическая эффективность эксплуатации трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения с внутренними отложениями. Исследование направлено на решение проблемы отсутствия в нормативной документации методов количественной оценки гидравлического состояния таких трубопроводов и прогнозирования их остаточного срока службы.

Материалы и методы: В качестве основного метода использован гидравлический принцип оценки. Критерием эффективности служит коэффициент гидравлической эффективности (Кэф), рассчитываемый как отношение произведения характеристик гидравлического потенциала (диаметр, скорость, уклон) новой трубы к произведению тех же характеристик для трубы с отложениями. Метод позволяет количественно связать изменение гидравлических параметров с толщиной слоя отложений.

Результаты: Разработана количественная методика оценки состояния трубопроводов на основе расчетного коэффициента Кэф. Представлены таблицы зависимости между значением Кэф, толщиной отложений и остаточным сроком эксплуатации для стальных, чугунных и бетонных труб. Установлены критериальные диапазоны Кэф, позволяющие определить возможность дальнейшей эксплуатации, необходимость очистки или замены участка сети.

Выводы: Предложенный подход предоставляет практический инструмент для прогнозирования изменения гидравлических характеристик трубопроводов, планирования ремонтов и очистных мероприятий, а также для оценки энергопотребления насосных станций. Использование методики позволяет обоснованно управлять жизненным циклом сетей водоснабжения и водоотведения, повышая эффективность их эксплуатации и снижая затраты.

Ключевые слова: сети водоснабжения и водоотведения, металлические трубы, гидравлический расчет, гидравлическая эффективность эксплуатации трубопроводов.

ВВЕДЕНИЕ

В сфере водоснабжения и водоотведения, как в сложном инженерном комплексе, существуют следующие три главных направления эксплуатационной деятельности:

- эксплуатация сетей и сооружений на них для подачи и распределения питьевой воды;
- эксплуатация очистных водопроводных сооружений из поверхностных и подземных источников;
- эксплуатация очистных сооружений водоотведения, включая выпуски стоков в водоемы.

Следует акцентировать, что для каждого из этих направлений основным являются трубопроводы, без знаний об их эффективности эксплуатации которых каждое из перечисленных направлений не может существовать. Если нет трубопроводов, то нечего будет очищать. Поэтому трубопроводы систем водоснабжения и водоотведения следует отделять каждый отдельно от вопросов эксплуатации очистных водопроводных сооружений и сооружений для очистки бытовых сточных вод. Трубопроводы и сооружения на них (накопительные емкости, резервуары) можно

сравнивать с кровеносными сосудами у живых организмов. Если здоровы сосуды, то весь организм нормально работает и все его элементы (очистные сооружения – «печень» и «почки») работают эффективно [1, 2].

Эффективность работы любого трубопровода оценивается критериями, зависящими от величины энергопотребления насосного оборудования, перекачивающего по ним питьевую воду или сточную жидкость. Если трубопровод работает самотеком, то значениями характеристик гидравлического потенциала труб – $d_{вн}$, V , i [2, 3, 4]. Оценка эффективности работы (эксплуатации) трубопроводов водоснабжения и водоотведения определяет общую эффективность эксплуатации комплекса, включая очистные сооружения. Поэтому трубопроводы систем водоснабжения и водоотведения необходимо рассматривать, как отдельное направление в сфере водоснабжения и водоотведения, потому что к нему (направлению) относится целый перечень вопросов, связанных с разработкой новых проектов и проектов реконструкции изношенных трубопроводов, а также вопросов совершенствования эксплуатации сетей с целью снижения энергопотребления насосно-силовым оборудованием для подачи воды

потребителям или сбросу очистных сточных вод в водоемы [5, 6].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Действующие в сфере водоснабжения и водоотведения нормативные требования, изложенные в СП 31.13330.2021 и СП 32.13330.2018, также предусматривают соответствующие требования к оценке экономической эффективности эксплуатации инженерных сетей водоснабжения и водоотведения в городах и населенных пунктах, однако, не выделяют отдельно вопросы количественной оценки гидравлической эффективности их работы. Так как трубопроводы водоснабжения и водоотведения из любого вида материалов являются гидравлической системой, характеризуемой, прежде всего, значениями характеристик гидравлического потенциала труб – фактическим внутренним диаметром труб $d_{вн}^{\phi}$, фактической скоростью V_{ϕ} и фактическим гидравлическим уклоном i_{ϕ} (потерей напора h на единицу длины трубопровода $l: h=i \cdot l$, м), то количественная оценка эффективности их эксплуатации должна производиться с помощью гидравлического критерия оценки. Таким критерием, согласно результатам исследований, проведенных авторами данной статьи и другими специалистами, является **коэффициент гидравлической эффективности** эксплуатации трубопровода водоснабжения или водоотведения, определяемый по формуле (1) [2]:

$$K_{эф} = \frac{(d_{вн}^p)^2 \cdot V_p \cdot i_p}{(d_{вн}^{\phi})^2 \cdot V_{\phi} \cdot i_{\phi}} \quad (1)$$

где: $K_{эф}$ – безразмерный коэффициент гидравлической эффективности эксплуатации трубопровода; $d_{вн}^{\phi}$ – фактический (замеренный) внутренний диаметр труб с отложениями на момент оценки, м; V_p – скорость в новой трубе, м/с; i_p – расчетный гидравлический уклон в новой трубе, м/м; $d_{вн}^p$ – расчетный внутренний диаметр новых труб, м; V_{ϕ} – фактическая скорость в трубе с $d_{вн}^{\phi}$, м/с; i_{ϕ} – фактический гидравлический уклон на момент оценки, м/м.

Коэффициент гидравлической эффективности эксплуатации трубопровода $K_{эф}$ – это величина, характеризующая характер изменения значений гидравлических характеристик труб ($d_{вн}$, V и i) в случае образования слоя внутренних отложений δ или h на их рабочей поверхности [3, 4, 5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В работах [7, 8] обоснован диапазон значений величины $K_{эф}$ для водопроводных труб из стали и серого чугуна диаметром 400 мм и для бетонных

труб сетей водоотведения того же диаметра 400 мм. Диапазон значений $K_{эф}$ следующий:

- для водопроводных труб: $0,9 \leq K_{эф} \leq 0,95$;
- для труб водоотведения: $0,5 \leq K_{эф} \leq 0,6$.
- Поясним, что означает значение цифр в указанном диапазоне.

Расчетной зависимостью для подсчета значений $K_{эф}$ является формула (1) – отношение произведения расчетных значений характеристик гидравлического потенциала новых труб: $d_{вн}$, V , i к значению произведения тех же характеристик для труб с отложениями: $d_{вн}^{\phi}$, V_{ϕ} , i_{ϕ} . Величина $K_{эф}$ изменяется в диапазоне значений:

$$0 \leq K_{эф} \leq 1.$$

Величина $K_{эф}$ зависит от толщины слоя отложений на внутренней поверхности (δ ; h) труб [9, 10]. Чем меньше значение $K_{эф}$, тем толще слой осадка (отложений) на внутренней поверхности труб и наоборот, чем больше значение $K_{эф}$, тем меньше толщина слоя отложений. Следовательно, анализ величин значений $K_{эф}$ позволяет прогнозировать величину значений гидравлических характеристик сетей водоснабжения и водоотведения в процессе эксплуатации трубопроводов, то есть количественно оценивать эффективность их эксплуатации [11, 12].

Эффективным с гидравлической точки зрения считается трубопровод, обладающий минимальными потерями напора на сопротивление по длине (гидравлическим уклоном), характеризуемый эффективной скоростью потока V и эффективным внутренним диаметром $d_{вн}$ (без внутренних отложений). Поэтому количественная оценка эффективности эксплуатации трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения – **необходима и актуальна**, так как такая оценка позволяет прогнозировать изменение значений величины значений характеристик гидравлического потенциала труб в процессе их жизненного цикла «Эксплуатация» и, в итоге, определять период их остаточной эксплуатации до замены труб на новые [13, 14]. Количественная оценка эффективности эксплуатации трубопроводов позволяет проводить:

- разработку прогнозов значений характеристик гидравлического потенциала труб на перспективу;
- совершенствование общепринятых методик гидравлического расчета трубопроводов водоснабжения и водоотведения, с учетом толщины слоя отложений на внутренней поверхности труб.

Согласно выводам, приведенным в работе [15], количественная оценка гидравлической эффективности эксплуатации сетей водоснабжения и водоотведения по величине значения $K_{эф}$ (формула (1)), позволяет определить по специальным таблицам (табл. 1 и 2) остаточный период продолжительности эксплуатации сетей водоснабжения и водоотведения до проведения их гидродинамической очистки или полного снятия с эксплуатации [16, 17, 18].

Таблица 1. Диапазон изменения значений $K_{эф}$ для сетей водоснабжения
Table 1. The range of changes in the values of the K_{ef} for water supply networks

Значение величины $K_{эф}$	Продолжительность остаточного использования трубопровода из стали и серого чугуна $T_{исп}$, лет
$0,95 \leq K_{эф} \leq 1$	$T_{исп} \geq 10$ лет с ежегодным контролем значений фактических потерь напора $i_{ф}$ и толщины фактического слоя отложений $\sigma_{ф}$
$0,90 \leq K_{эф} \leq 0,95$	$T_{исп} \geq$ не менее 5 лет с ежегодным контролем значений $i_{ф}$ и $\sigma_{ф}$
$0,8 \leq K_{эф} \leq 0,90$	Трубопровод использовать нецелесообразно
$K_{эф} < 0,80$	Трубопровод использовать недопустимо

Таблица 2. Диапазон изменения значений $K_{эф}$ для сетей водоотведения
Table 2. The range of changes in the values of the K_{ef} for wastewater disposal networks

Значение величины $K_{эф}$	Возможность продолжения дальнейшей эксплуатации сети
$0,6 \leq K_{эф} \leq 1$	Возможно
$0,5 \leq K_{эф} \leq 0,6$	Требуется проведение гидродинамической очистки сети
$K_{эф} \leq 0,5$	Сеть эксплуатировать недопустимо

Таблицы 1 и 2 обеспечивают возможность прогнозирования периода остаточной эксплуатации трубопроводов водоснабжения и водоотведения по результатам анализа величины значения основного критерия гидравлической эффективности эксплуатации трубопроводов $K_{эф}$, имеющих разную толщину слоя внутренних отложений (σ – в водопроводных трубах и h – в сетях водоотведения) [19, 20].

ВЫВОДЫ

Таблицы 1 и 2 являются обобщением результатов исследований, приведенных авторами статьи на протяжении последних нескольких лет.

Предложенный авторами количественная оценка эффективности эксплуатации сетей водоснабжения и водоотведения с внутренними отложениями по значению величины коэффициента гидравлической эффективности эксплуатации трубопроводов $K_{эф}$ обеспечивает:

возможность проведения анализа величины значений характеристик гидравлического потенциала труб с разной толщиной слоя внутренних отложений, влияющих на величину энергопотребления напорных систем водоснабжения, или необходимость проведения гидродинамической очистки самотечных сетей водоотведения;

возможность прогнозирования на перспективу величины значений характеристик гидравлического потенциала труб с разной толщиной слоя внутренних отложений и прогнозирования фактического энергопотребления насосных агрегатов в напорных сетях водоснабжения;

возможность определения остаточного периода продолжительности эксплуатации до проведения реконструкции сетей водоснабжения или гидродинамической очистки сетей водоотведения с разной толщиной слоя внутренних отложений.

Таким образом, количественная оценка гидравлической эффективности эксплуатации трубопроводов водоснабжения и водоотведения с

внутренними отложениями – это «ключ» к разработке прогноза значений характеристик гидравлического потенциала водопроводных труб для определения значений фактического энергопотребления насосного оборудования или необходимости проведения гидродинамической очистки самотечных сетей водоотведения с отложениями осадка в лотковой части труб. Предлагаемый подход в сфере водоснабжения и водоотведения и обеспечивает также возможность прогноза остаточного периода продолжительности эксплуатации сетей водоснабжения и водоотведения с внутренними отложениями на рабочей поверхности труб.

Количественная оценка гидравлической эффективности эксплуатации трубопроводов относится к приоритетным направлениям научных исследований в государстве, выделенных в Указе Президента Российской Федерации от 16.12.2015, № 623, потому что вода относится к наукам о жизни и включает также вопросы энергоэффективности и энергосбережения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Продоус О.А., Шипилов А.А., Якубчик П.П. Эффективная структура управления отраслевой наукой в сфере водоснабжения и водоотведения Журнал «Водоснабжение и санитарная техника», № 6. 2022. – С. 39-42.
2. Продоус О.А., Шлычков Д.И., Якубчик П.П., Пархоменко С.В. Влияние толщины слоя отложений в трубопроводах систем водоснабжения и водоотведения на продолжительность периода их остаточной эксплуатации. // НТ журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ». 2022. Том 17, вып. 6/22. – С. 738-746.
3. Продоус О.А. // Гидравлическая оценка остаточного срока службы изношенных металлических трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения. Электронный Сборник докладов 4-й международной конференции «Водоснабжение и водоотведение населенных мест и промышленных предприятий:

эффективные решения и технологии», Москва, 2020. // 8–9 сентября 2020 в рамках форума «ЭКВАТЭК–2020». // https://www.ecwatech.ru/ru-ru/program/conf2020_watersupply_waterdisp/watersupply_conference_paper_collect_2020.html

4. Продоус О.А., Шипилов А.А. Гидравлический критерий обоснования необходимости разработки проектов реконструкции водопроводных сетей из металлических труб. // Журнал «Водные системы и технологии» № 1, 2020. – С. 26-31. // <https://cloud.mail.ru/public/xeуP/gxLhGxHET>

5. Продоус О. А., Новиков М.Г., Самбурский Г.А., Шипилов А.А., Терехов Л.Д., Якубчик П.П., Чесноков В.А. Рекомендации по реконструкции неновых металлических трубопроводов из стали и серого чугуна. //Изд. ООО «Свое издательство», Санкт-Петербург – Москва, 2021. – 36 с. ил.

6. Продоус О.А. Гидравлическое регулирование продолжительности использования металлических трубопроводов водоснабжения и водоотведения. // «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение». 2020/11 (155). – С. 28-32.

7. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Коэффициент эффективности эксплуатации сетей водоснабжения и водоотведения как фактор оценки возможности продолжения дальнейшей их эксплуатации // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 3. С. 162-168.

8. Абрамов Н.Н. Теория и методика расчета системы подачи и распределения воды. – М: Стройиздат. 1972. – 287 с.

9. Абрамович Н.А. Новая стратегия проектирования и реконструкции систем транспортирования сточных вод: практ. пособие. – Харьков: Основа. 1996. – 300 с.

10. Абрамович И.А. Повышение достоверности расчета сетей водоотведения. // Водоснабжение и санитарная техника. № 3. 1985. – С. 4-5.

11. Алексеев М.И., Дмитриев В.Д., Мишуков Б.Г. Эксплуатация систем водоснабжения и канализации: учебное пособие. – М.: Высшая школа. 1993. – 60 с.

12. Продоус О.А., Якубчик П.П., Шлычков Д.И. Определение предельно допустимой толщины слоя внутренних отложений на стенках металлических водопроводных труб // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2024. № 1 (781). С. 80-88.

13. Продоус О.А., Шлычков Д.И., Челоненко А.Г. Классификация состояния канализационных сетей по толщине слоя осадка в лотковой части труб // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2024. Т. 14. № 1 (48). С. 96-104.

14. Продоус О.А., Шлычков Д.И., Шестаков А.А., Челоненко А.Г. Об актуальности разработки справочных пособий по гидравлическому расчету изношенных инженерных сетей городской инфраструктуры // Архитектура, строительство, транспорт. 2023. № 4 (106). С. 64-70.

15. Shlychkov D., Chelonenko A. Hydraulic characteristics of sewer pipelines with internal deposits. // Сборник: E3S Web of Conferences. 2023. С. 08002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346008002>

16. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Способ определения остаточного срока службы трубопроводов канализационных и тепловых сетей // Патент на изобретение RU 2807163 C1, 10.11.2023. Заявка от 04.05.2023.

17. Braga A.S., Filion Y. A Novel Monitoring Scheme to Detect Iron Oxide Particle Deposits on the Internal Surface of PVC Drinking Water Pipes // Environmental Science: Water Research & Technology. 2021. Iss. 11 (7). P. 2116–2128. <https://doi.org/10.1039/D1EW00614B>.

18. Soboksa N.E., Gari S.R., Hailu A.B., Alemu B.M. Childhood Malnutrition and the Association with Diarrhea, Water Supply, Sanitation, and Hygiene Practices in Kersa and Omo Nada Districts of Jimma Zone, Ethiopia // Environmental Health Insights. 2021. Vol. 15. 9 p. <https://doi.org/10.1177/1178630221999635>.

19. Schwermer C.U., Uhl W. Calculating Expected Effects of Treatment Effectivity and River Flow Rates on the Contribution of WWTP Effluent to the ARG Load of a Receiving River // Journal of Environmental Management. 2021. Vol. 288. 15 p. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112445>

20. Prodous O., Shlychkov D., Shestakov A.A. On the need to account changes in hydraulic performance of worn-out metal water pipes // Сборник: BIO Web Conf. Volume 107, 02002, 2024. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410702002>

REFERENCES

1. Prodous O.A., Shipilov A.A., Yakubchik P.P. Effective management structure of branch science in the field of water supply and sanitation Journal "Water supply and sanitary engineering", No. 6. 2022. – pp. 39-42.

2. Prodous O.A., Shlychkov D.I., Yakubchik P.P., Parkhomenko S.V. Influence of layer thickness deposits in pipelines of water supply and sanitation systems for the duration of their residual operation. // NT journal of construction and architecture "Bulletin of MGSU". 2022. Volume 17, issue 6/22. – pp. 738-746.

3. Prodous O.A. // Hydraulic assessment of the residual service life of worn-out metal pipelines of water supply and sanitation systems. Electronic Collection of reports of the 4th International conference "Water supply and sanitation of settlements and industrial enterprises: effective solutions and technologies", Moscow, 2020. // September 8-9, 2020 within the framework of the ECWATECH 2020 forum. // https://www.ecwatech.ru/ru-ru/program/conf2020_watersupply_waterdisp/watersupply_conference_paper_collect_2020.html

4. Prodous O.A., Shipilov A.A. Hydraulic criterion for substantiating the need to develop projects for the reconstruction of water supply networks from metal pipes. // Journal "Water Systems and Technologies" No.

- 1, 2020. – pp. 26-31. // <https://cloud.mail.ru/public/xeyP/gxLhGxHET>
5. Prodous O. A., Novikov M.G., Sambursky G.A., Shipilov A.A., Terekhov L.D., Yakubchik P.P., Chesnokov V.A. Recommendations for the reconstruction of non-standard metal pipelines made of steel and gray cast iron. // Ed. Svoye Publishing House LLC, St. Petersburg – Moscow, 2021. – 36 p. ill.
6. Prodous O.A. Hydraulic regulation of the duration of use of metal pipelines for water supply and sanitation. // "Water treatment. Water treatment. Water supply". 2020/11 (155). – pp. 28-32.
7. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Efficiency coefficient of operation of water supply and sanitation networks as a factor in assessing the possibility of continuing their further operation // Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2023. Vol. 25. No. 3. pp. 162-168.
8. Abramov N.N. Theory and methodology of calculation of the water supply and distribution system. – M: Stroyizdat. 1972. – 287 p
9. Abramovich N.A. A new strategy for the design and reconstruction of wastewater transportation systems: practice. stipend. – Kharkiv: Osnovy. 1996. – 300 p.
10. Abramovich I.A. Increasing the reliability of calculation of wastewater disposal networks. // Water supply and sanitary engineering. No. 3. 1985. – pp. 4-5.
11. Alekseev M.I., Dmitriev V.D., Mishukov B.G. Operation of water supply and sewerage systems: textbook. – M.: Higher School. 1993. – 60 p.
12. Prodous O.A., Yakubchik P.P., Shlychkov D.I. Determination of the maximum permissible thickness of the layer of internal deposits on the walls of metal water pipes // Izvestia of higher educational institutions. Construction. 2024. No. 1 (781). pp. 80-88.
13. Prodous O.A., Shlychkov D.I., Chelonenko A.G. Classification of the state of sewer networks by the thickness of the sediment layer in the tray part of pipes // Izvestiya vuzov. Investment. Construction. Realty. 2024. Vol. 14. No. 1 (48). pp. 96-104.
14. Prodous O.A., Shlychkov D.I., Shestakov A.A., Chelonenko A.G. On the relevance of the development of reference manuals on the hydraulic calculation of worn-out engineering networks of urban infrastructure // Architecture, construction, transport. 2023. No. 4 (106). pp. 64-70.
15. Shlychkov D., Chelonenko A. Hydraulic characteristics of sewer pipelines with internal deposits. // Collection: Web conferences E3S. 2023. p. 08002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346008002>
16. Prodous O.A., Chlychkov D.I. Assistance in creating a remote service for mobile operators and heating networks // The patent for the publication RU 2807163 C1, 10.11.2023. Application dated 05/04/2023.
17. Braga A.S., Filion Yu. A new monitoring scheme for detecting deposits of iron oxide particles on the inner surface of PVC drinking water pipes // Environmental Science: Water Research and Technology. 2021. Iss. 11 (7). pp. 2116-2128. <https://doi.org/10.1039/D1EW00614B>.
18. Soboksa N.E., Gary S.R., Hailu A.B., Alemu B.M. Childhood malnutrition and its relationship with diarrhea, water supply, sanitation and hygiene in the Kersa and Omonada areas of the Jimma zone, Ethiopia // Environmental Health Insights. 2021. Volume 15. 9 p. <https://doi.org/10.1177/1178630221999635>
19. Schwermer K.U., Ul U. Calculation of the expected effect of purification efficiency and river flow rate on the contribution of wastewater treatment plants to the load on the receiving river // Journal of Environmental Management. 2021. Volume 288. 15 p. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112445>
20. Prodous O., Shlychkov D., Shestakov A.A. On the need to take into account changes in the hydraulic characteristics of worn metal water pipes // Collection: BIOL. web conf. Volume 107, 02002, 2024. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410702002>

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF OPERATION OF WATER SUPPLY PIPELINES AND DRAINAGE NETWORKS WITH INTERNAL DEPOSITS

Prodous¹ O.A., Shlychkov² D.I., Chelonenko¹ A.G.

¹ St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I (PGUPS),
9 Moskovsky Prospekt, Saint Petersburg, 190031, Russian Federation,
E-mail: lpro@enco.su, ³andreicelonenko@mail.ru

² National Research Moscow State University of Civil Engineering 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26,
E-mail: ²ShlyichkovDI@mgsu.ru

Abstract. Subject: Hydraulic efficiency of operation of pipelines of water supply and sanitation systems with internal deposits. The study is aimed at solving the problem of the lack of methods in the regulatory documentation for quantifying the hydraulic condition of such pipelines and predicting their remaining service life.

Materials and methods: The hydraulic evaluation principle is used as the main method. The efficiency criterion is the hydraulic efficiency coefficient (Cef), calculated as the ratio of the product of the characteristics of the hydraulic potential (diameter, speed, slope) of a new pipe to the product of the same characteristics for a pipe with deposits. The method makes it possible to quantify the change in hydraulic parameters with the thickness of the sediment layer.

Results: A quantitative method for assessing the condition of pipelines based on the calculated coefficient of the Kef has been developed. Tables of the relationship between the value of the Kef, the thickness of deposits and the remaining service life for steel, cast iron and concrete pipes are presented. The criteria ranges of the Cef have been established to determine the possibility of further operation, the need to clean or replace a section of the network.

Conclusions: The proposed approach provides a practical tool for predicting changes in the hydraulic characteristics of pipelines, planning repairs and cleaning measures, as well as for estimating the energy consumption of pumping stations. The use of the methodology makes it possible to reasonably manage the lifecycle of water supply and sanitation networks, increasing their operational efficiency and reducing costs.

Key words: water supply and sanitation networks, metal pipes, hydraulic calculation, hydraulic efficiency of pipeline operation.