



Классификация состояния канализационных сетей по толщине слоя осадка в лотковой части труб

О.А. Продоус¹, Д.И. Шлычков²✉, А.Г. Челоненко²

¹Независимый эксперт по «Водоснабжению и Канализации», г. Санкт-Петербург, Россия

²Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

Аннотация. Целью данной работы является классификация состояния канализационных сетей из различных материалов и разного диаметра с осадком в лотковой части на основе результатов их телевизионной диагностики и анализу значений гидравлических характеристик. На основе анализа видеоматериалов и анализа характеристик гидравлического потенциала труб устанавливается класс трубопровода с внутренними отложениями, по которому принимается решение о продолжении эксплуатации, необходимости выполнения профилактических мероприятий, в том числе механической или гидродинамической очистки сети, выборе метода ее реконструкции. Стоит отметить, что определение коэффициента гидравлической эффективности канализационных сетей с осадком разной толщины в лотковой части труб позволяет установить диапазон значений (в табличной форме) этого коэффициента, по которому, вне зависимости от диаметра и вида материалов труб, принимается решение о продолжении дальнейшей эксплуатации, проведении профилактических мероприятий (механическая или гидродинамическая очистка), выведении ее из эксплуатации с целью проведения реконструкции. Также представлены рекомендации о возможности дальнейшего продолжения или прекращения эксплуатации трубопроводов водоотведения с внутренними отложениями. Предложено классифицировать эксплуатационное состояние канализационных трубопроводов с осадком в лотковой части для принятия технических решений о необходимости восстановления пропускной способности, проведения реконструкции или замены труб на новые.

Ключевые слова: канализационные сети с осадком в лотковой части, гидравлические характеристики труб, анализ значений, классификация состояния труб, эксплуатация трубопроводов

Для цитирования: 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. С. 96–104. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-1-96-104>. EDN: OTQIMA

Original article

Condition classification of sewerage systems according to the deposit layer thickness in the bench part of pipes

Oleg A. Prodous¹, Dmitriy I. Shlychkov²✉, Andrey G. Chelonenko²

¹Independent expert on "Water Supply and Sewerage", St. Petersburg, Russia

²National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia

Abstract. The article aims to classify the condition of sewerage systems made of different materials and having different diameters with a build-up of deposits in the bench part; this analysis is based on their televising and analyzing the values of hydraulic characteristics. The analysis of televising data and the hydraulic potential of pipes establishes the class of a pipeline having internal deposits, which is used to decide on the continuation of operation, the need for preventive measures, including mechanical or hydrodynamic cleaning of the system, or the method of its reconstruction. Noteworthy is that by

© Продоус О.А., Шлычков Д.И., Челоненко А.Г., 2024

determining the hydraulic efficiency factor of sewerage systems with different deposit layer thicknesses in the bench part of pipes, a range of this coefficient can be established (in tabular form), which, regardless of the diameter and type of pipe materials, can be used to make a decision on continuing further operation, carrying out preventive measures (mechanical or hydrodynamic cleaning), or removing it from service for reconstruction. Also, recommendations are provided on the possibility of continuing or discontinuing the operation of wastewater pipelines with internal deposits. It is proposed to classify the operating condition of sewer pipelines with deposits in the bench part to make decisions on the need for restoring the throughput capacity, reconstruction, or replacement of pipes.

Keywords: sewer networks with sediment in the tray part, hydraulic characteristics of pipes, analysis of values, classification of pipe condition, operation of pipelines

For citation: Prodous O.A., Shlychkov D.I., Chelonenko A.G. Condition classification of sewerage systems according to the deposit layer thickness in the bench part of pipes. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* = *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2024;14(1):96-104. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-1-96-104>. EDN: OTQIMA.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос, связанный с проведением гидродинамической очистки и выводом сети из эксплуатации для последующей реконструкции и замены труб, является одним из основных для организаций, эксплуатирующих сети водоснабжения или водоотведения с внутренними отложениями [1–3].

Критерием оценки эксплуатационного состояния сетей с внутренними отложениями является коэффициент гидравлической эффективности трубопроводов $K_{эф}$, определяемый по формуле [4,5,6]:

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

где:

$K_{эф}$ – безразмерный коэффициент гидравлической эффективности эксплуатации сети водоотведения с отложениями в лотковой части

труб;

$d_{вн}, V, i$ – расчетные характеристики гидравлического потенциала труб до момента начала их эксплуатации;

$d_{вн}^{\phi}, V_{\phi}, i_{\phi}$ – то же, для труб с осадком в лотковой части.

МЕТОДЫ

Диапазон изменения значений $K_{эф}$, рассчитанных по формуле (1), колеблется в пределах от 1 (новые трубы) до 0 (трубы с осадком в лотковой части).

Для сетей водоснабжения и водоотведения с внутренними отложениями установлены разные зоны изменения значений $K_{эф}$ при их разной толщине слоя осадка [6–9].

Для сетей водоотведения в табл. 1 приведен диапазон изменения значений $K_{эф}$ для труб разного диаметра из различных видов материалов.

Таблица 1. Диапазон изменения $K_{эф}$ для труб сетей водоотведения

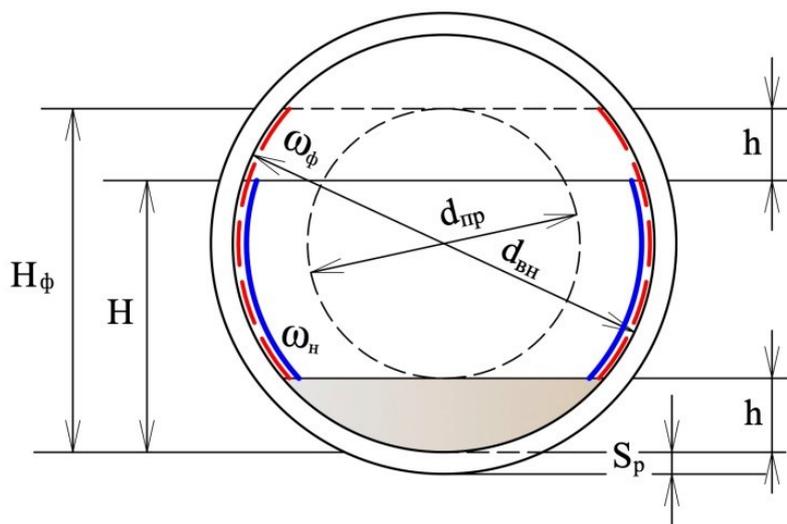
Table 1. The range of variation of K_{ef} for pipes of drainage networks

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

Анализ информации, приведенный в табл. 1, показывает, что для сетей водоотведения с отложениями существует три зоны значений $K_{эф}$, входящих в систему классификации состояния трубопроводов [10–12]. Это главный параметр информационной системы, по которому судят о толщине накоплений в осадочной части трубы и о ее влиянии на гидравлические характеристики труб для принятия решения о

продолжении дальнейшей эксплуатации сети [13–15].

Так как диапазон значений $K_{эф}$, приведенных в табл. 1, учитывает любые возможные значения накоплений h в осадочной части труб (рисунок), то появляется возможность классифицировать состояния сетей водоотведения с отложениями по толщине накоплений в осадочной части труб.



Характеристики самотечного потока сточной жидкости
Characteristics of the gravity flow of waste liquid

Расшифровка обозначений, представленных на рисунке:

S_p – толщина стенки трубы, м;

h – толщина слоя осадка, м;

$d_{вн}$ – внутренний диаметр по ГОСТ, м;

$d_{пр}$ – приведенный диаметр, м [1];

ω_n – площадь смоченного периметра при нормативной степени наполнения $\frac{H}{d_{вн}}$, м;

ω_ϕ – площадь смоченного периметра в трубе со слоем осадка h , м².

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Практика эксплуатации канализационных трубопроводов с наличием слоя осадка в лотковой части показывает изменение значений гидравлических характеристик $d_{вн}$, V и i .

Поэтому в разработанной авторами книге «Таблицы для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб» для труб из девяти видов материалов (бетон, железобетон, асбестоце-

мент, керамика, чугун, полиэтилен, поливинилхлорид, стеклопластик, полипропилен) приводятся допустимые с гидравлической точки зрения величины накоплений h в осадочной части разного диаметра и разного вида материалов труб, подтверждающие существованию зависимости $i_\phi = f(h)$ [16,17,18]. В табл. 2 для примера приводится информация о допустимой толщине слоя накоплений в керамических трубах диаметром 150÷500 мм по ГОСТ 286-82.

Таблица 2. Допустимая толщина слоя накоплений в керамических трубах
Table 2. The permissible thickness of the accumulation layer in ceramic pipes

Диаметр труб		Толщина стенки S_p , мм	Допустимые значения параметров	
внутренний $d_{вн}$, мм	наружный d_n , мм		уровня наполнения труб, $H_{доп}^*$, мм	толщины слоя осадка, $h_{доп}^*$, мм
150	188	19	94,5	4,5
200	240	20	126,0	6,0
250	294	22	157,5	7,5
300	354	27	220,5	10,5
350	408	28	257,3	12,3
400	460	30	294,0	14,0
450	518	34	354,4	16,9
500	572	36	393,8	18,8

В зависимости от толщины слоя осадка h при известном внутреннем диаметре устанавливается класс состояния труб, соответствующий диапазонам значений $K_{эф}$, приведенным в табл. 3:

- до 5 мм (0,005 м) – 1-й класс; $0,6 \leq K_{эф} \leq 1$;
- до 20 мм (0,020 м) – 2-й класс; $0,5 \leq K_{эф} \leq 0,6$;
- более 20 мм – 3-й класс; $K_{эф} \leq 0,5$.

Таблица 3. Класс состояния труб
Table 3. Pipe condition class

Толщина слоя осадка, h , м	Значение $K_{эф}$	Класс состояния труб
от 1 до 0,6	0,005	1
от 0,5 до 0,6	0,020	2
меньше 0,5	$> 0,020$	3

Когда специалисты, эксплуатирующие трубопровод водоотведения, устанавливают, что последний по состоянию соответствует третьему классу, то это значит, что величина накоплений в осадочной части труб больше 20 мм, а значение $K_{эф} \leq 0,5$. Такой трубопровод не подлежит дальнейшей эксплуатации [19–21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для принятия решения о возможности эксплуатации канализационной сети с осадком в лотковой части необходимо предварительно классифицировать состояние каждого конкретного участка сети в отдельности, для чего необходимо иметь комплексную информацию, которая включает в себя:

- результаты телевизионной диагностики конкретного участка сети [21, 22];
- определение значений гидравлических характеристик труб с осадком в лотковой части. Требуется замерять толщину слоя осадка h на контролируемых участках сети с помощью специальных устройств [22–24];
- результаты полной оценки (дефекты, плюс гидравлика) состояния сети – класс состояния труб [20].

Такая разносторонняя комплексная инфор-

мация об участках канализационной сети является объективным основанием для принятия обоснованного решения о продолжении дальнейшей эксплуатации сети или ее приостановке для проведения реконструкции или замены труб на новые [25–27]. Таким образом, в каждом конкретном случае классификация канализационных сетей по величине накоплений в осадочной части труб позволяет обоснованно принимать определенные технические решения о возможности продолжения эксплуатации сети или ее реконструкции и должна включать вышеперечисленные сведения о конкретном участке сети водоотведения [28–30]. Предлагаемая классификация позволяет более точно прогнозировать значения гидравлических характеристик труб на перспективу, определять сроки выведения конкретных участков сети для проведения замены труб на новые, планировать выделения средств для выполнения мероприятий по реконструкции канализационных сетей и может являться основанием для создания автоматизированной системы контроля гидравлического состояния канализационных трубопроводов в лотковой части, а также напорных коллекторов с внутренними отложениями.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Продоус О.А., Якубчик П.П., Шлычков Д.И. Прогнозирование характеристик гидравлического потенциала изношенных сетей водоснабжения и водоотведения по коэффициенту эффективности из работы // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2023. № 2 (44). С. 29–33. <https://doi.org/10.52684/2312-3702-2023-44-2-29-33>. EDN: VRQWJD.
2. 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. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2023-25-3-162-168>. EDN: QVBNW.
3. Продоус О.А., Шлычков Д.И., Якубчик П.П. Причины и последствия изменения гидравлических характеристик металлических сетей водоснабжения и водоотведения в процессе их эксплуатации // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13. № 3 (52). С. 42–49. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2023.03.06>. EDN: EWWUKY.

4. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Методологические подходы к оценке эффективности эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12. № 4 (49). С. 34–41. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2022.04.05>. EDN: ZZHJPK.
5. Челоненко А.Г., Шлычков Д.И. Зависимость гидравлических характеристик самотечных сетей канализации от толщины слоя отложений в лотковой части труб // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2023». Материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Кисловодск, 18–21 апреля 2023 г.). Новочеркасск, 2023. С. 323–326. EDN: IONFRO.
6. Пат. № 207822, Российская Федерация, G01B 5/06, G01B 5/28, G01B 17/02, G01B 17/08, E21B 47/085, G01N 29/265. Устройство для измерения толщины отложений в трубе / О.А. Продоус, Д.И. Шлычков; заявитель и патентообладатель Продоус О.А., Шлычков Д.И. Заявл. 23.07.2021; опубл. 18.11.2021.
7. Продоус О.А., Шлычков Д.И., Пархоменко С.В., Абросимова И.А. Зависимость фактической степени наполнения от толщины слоя осадка в лотковой части труб // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 1 (44). С. 70–75. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-1-70-75>. EDN: WJHWVL.
8. Продоус О.А., Якубчик П.П., Балашов С.С. Экспертная оценка продолжительности остаточного периода эксплуатации изношенных водопроводных сетей с внутренними отложениями // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2023». Материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Кисловодск, 18–21 апреля 2023 г.). Новочеркасск, 2023. С. 85–90. EDN: SJCMEM.
9. 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. Монография. СПб.: Перо. 2023. 288 с.
10. Продоус О.А., Шипилов А.А., Якубчик П.П. Эффективная структура управления отраслевой наукой в сфере водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. 2022. № 6. С. 39–42. <https://doi.org/10.35776/VST.2022.06.05>. EDN: QXMGHC.
11. Чупин Р.В. Оптимизация развивающихся систем водоотведения. Монография. Иркутск: Издательство Иркутского государственного технического университета. 2015. 417 с.
12. Продоус О.А., Якубчик П.П., Балашов С.С. О повышении точности гидравлического расчета металлических водопроводов с внутренними отложениями // Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2023». Материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Кисловодск, 18–21 апреля 2023 г.). Новочеркасск, 2023. С. 80–85. EDN: BZRZLJ.
13. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Механизм образования слоя отложений в лотковой части труб самотечных сетей водоотведения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. № 6 (750). С. 95–100. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2021-750-6-95-100>. EDN: XSAVCS.
14. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Гидравлический расчет сетей водоотведения с внутренними отложениями. Монография. Москва: Библиотека научных разработок и проектов НИУ МГСУ, 2022. 122 с.
15. Чупин В.Р., Мелихов Г.С., Чупин Р.В. Развитие методики гидравлических расчетов систем водоотведения // Вода и экология: проблемы и решения. 2010. № 1-2 (42-43). С. 48–58. EDN: PLSIWZ.
16. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Влияние толщины слоя отложений в водопроводных сетях и сетях водоотведения на характеристики их гидравлического потенциала // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 6. С. 129–138. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2022-24-6-129-138>. EDN: CPFGEN.
17. Чупин Р.В., Нгуен Т.А. Выбор оптимальных схем проектируемых систем водоотведения // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 6 (11). С. 92–102. EDN: THNUGT.
18. Фоминых А.В., Тельминов А.В., Ковшова Н.А. Зависимость коэффициента потерь на трение по длине трубы в гидравлических системах АПК // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3 (27). С. 79–82. EDN: VTTSQK.
19. Абдуламир Л.С., Орлов В.А., Джумагулова Н.Т. Гидравлический эксперимент на безнапорном трубопроводе из полимерного материала // Вестник Московского государственного строительного университета. 2022. Т. 17. № 4. С. 487–500. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2022.4.487-500>. EDN: NYJUFC.
20. Рыльцева Ю.А., Орлов В.А. Системы визуального обследования и ремонта водопроводных и водоотводящих трубопроводов // Инженерный вестник Дона. 2020. № 4 (64). 23 с. EDN: YWMXVW.
21. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Сравнительный анализ расчетных зависимостей для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 3 (38). С. 462–469. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-462-469>. EDN: FJLBZE.
22. Klyuev S.V., Shlychov D.I., Muravyov K.A., Ksenofontova T.K. Optimal Design of Building Structures // International Journal of Advanced Science and Technology. 2020. Vol. 29. Iss. 5. P. 2577–2583. EDN: HARNXJ.
23. Shlychov D. Energy-saving as an Integral Part of Technical and Economic Efficiency // Opcion. 2019.

Vol. 35. Iss. 24. P. 1626–1636. EDN: KVVBXI.

24. Orlov V.A., Zotkin S.P. Influence of the Temperature Factor on the Hydraulic Resistance of Pressure Pipes // E3S Web of Conferences. XXIV International Scientific Conference “Construction the Formation of Living Environment”. 2021. Vol. 263. 8 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126304004>.

25. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Reasons and Consequences of Sedimentation Layer Formation in Tray Part of Pipes of Waste Water Gravity Flow Networks // Physical and Mathematical Modeling of Earth and Environment Processes –2022: Proceedings of 8th International Scientific Conference-School for Young Scientists. 2023. P. 421–430. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25962-3_41.

26. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Recommended Dependence for Hydraulic Calculation of Gravity Drainage Networks in Order to Improve the Ecological Well-Being of Cities // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937. Iss. 4. 9 p. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/937/4/042021>.

27. Braga A.S., Fillion 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>.

28. 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>.

29. 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>.

30. Mokhov A.I., Komarov N.M., Abrosimova I.A. Information Model of Intelligent Support for Effective Decisions // Building Life-cycle Management. Information Systems and Technologies: Selected Papers. 2022. Vol. 231. P. 191–198. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96206-7_20.

REFERENCES

1. Prodous O.A., Yakubchik P.P., Shlychkov D.I. Forecasting the Characteristics of the Hydraulic Potential of Worn-Out Water Supply and Sanitation Networks by the Efficiency Coefficient from Work. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya = Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region*. 2023;2(44):29-33. (In Russ.). <https://doi.org/10.52684/2312-3702-2023-44-2-29-33>. EDN: VRQWJD.

2. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Efficiency Coefficient of Water Supply and Removal as an Assessment Factor of Further Operation. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta = Journal of Construction and Architecture*. 2023;25(3):162-168. (In Russ.). <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2023-25-3-162-168>. EDN: QVBNEW.

3. Prodous O.A., Shlychkov D.I., Yakubchik P.P. Causes and Consequences of Changes in Hydraulic Characteristics of Metal Water Supply and Sanitation Networks During Their Operation. *Gradostroitel'stvo i arhitektura = Urban Construction and Architecture*. 2023;13;3(52):42-49. (In Russ.). <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2023.03.06>. EDN: EWWUKY.

4. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Methodological Approaches to Assessing the Efficiency of Operation of Gravity Drainage Networks with Deposits in The Tray Part of Pipes. *Gradostroitel'stvo i arhitektura = Urban Construction and Architecture*. 2022;12;4(49):34-41. (In Russ.). <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2022.04.05>. EDN: ZZHJPQ.

5. Chelonenko A.G., Shlychkov D.I. Dependence of Hydraulic Characteristics of Gravity Networks of Sewerage on the Thickness of the Layer of Deposits in the Tray Part of the Pipes. In: *Tekhnologii ochistki vody «TEKHNOD-2023». Materialy XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Technologies of Water Purification "TECHNOVOD-2023". Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference*. 18-21 April 2023, Kislovodsk. Novochoerkassk; 2023, p. 323-326. (In Rus.). EDN: IONFRO.

6. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Device for Measuring the Thickness of Deposits in A Printed Pipe. Patent RF, no. 207822; 2021. (In Rus.).

7. Prodous O.A., Shlychkov D.I., Parkhomenko S.V., Abrosimova I.A. Dependence of Actual Filling Level of Gravity Flow Water Distribution on Sediment Thickness in Benching Part of Pipes. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13;1(44):70-75. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-1-70-75>. EDN: WJHWVL.

8. Prodous O.A., Yakubchik P.P., Balashov S.S. Expert Assessment of the Duration of the Residual Period of Operation of Worn-Out Water Supply Networks with Internal Deposits. In: *Tekhnologii ochistki vody «TEKHNOD-2023». Materialy XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Technologies of Water Purification "TECHNOVOD-2023". Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference*. 18-21 April 2023, Kislovodsk. Novochoerkassk; 2023, p. 85-90. (In Rus.). EDN: SJCMEM.

9. Prodous O.A., Yakubchik P.P., Shlychkov D.I. Features of Hydraulic Calculation of Water Pipes Made

- of Metal, Polymer and Metal Polymer Pipes. Terminological Dictionary On External Water Supply and Sewerage Networks. Monograph. Saint-Petersburg: Pero; 2023. 288 p. (In Russ.).
10. Prodous O.A., Shipilov A.A., Yakubchik P.P. Efficient Management Structure of Sectoral Science in the Field of Water Supply and Wastewater Disposal. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water Supply and Sanitary Technique*. 2022;6:39-42. (In Russ.). <https://doi.org/10.35776/VST.2022.06.05>. EDN: QXMGHC.
11. Chupin R.V. Optimization of Developing Wastewater Disposal Systems. Monograph. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University; 2015. 417 p. (In Russ.).
12. Prodous O.A., Yakubchik P.P., Balashov S.S. On Improving the Accuracy of Hydraulic Calculation of Hydraulic Water Pipes With Internal Deposits. In: *Tekhnologii ochistki vody «TEKhnOVOD-2023». Materialy XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Technologies of Water Purification "TEKhnOVOD-2023". Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference*. 18-21 April 2023, Kislovodsk. Novocherkassk; 2023, p. 80-85. (In Russ.). EDN: BZRZLJ.
13. Prodous O. A., Shlychkov D.I. The Mechanism of a Sediment Layer Formation in the Tray Part of Self-Drainage Networks Pipes. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo = News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2021;6(750):95-100. (In Russ.). <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2021-750-6-95-100>. EDN: XSAVCS.
14. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Hydraulic Calculation of Drainage Networks with Internal Deposits. Monograph. Moscow: Library of scientific developments and projects of National Research Moscow State University of Civil Engineering; 2022. 65 p. (In Russ.).
15. Chupin V.R., Melikhov G.S., Chupin R.V. The Development of Water Disposal System Hydraulic Calculation Technique. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya = Water and Ecology: Problems and Solutions*. 2010;1-2(42-43):48-58. (In Russ.). EDN: PLSIWZ.
16. Prodous O.A. Shlychkov D.I. Sediment Thickness in Water Pipes and Hydraulic Potential. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta = Journal of Construction and Architecture*. 2022;24;6:129-138. (In Russ.). <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2022-24-6-129-138>. EDN: CPFGEN.
17. Chupin R.V., Nguen T.A. Choice of Effective Schemes of the Designed Water Discharge Systems. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2014;6(11):92-102. (In Russ.). EDN: THNUGT.
18. Fominykh A.V., Telminov A.V., Kovshova N.A. The Dependence of the Coefficient of Friction Losses Along the Length of the Pipe in Hydraulic Systems of the Agro-Industrial Complex. *Vestnik Kurganskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2018;3(27):79-82. (In Russ.). EDN: VTTSQK.
19. Abdulameer L.S., Orlov V.A., Dzhumagulova N.T. Hydraulic Experiment in Non-Pressure Pipeline Made of Polymer Material. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta = Monthly Journal on Construction and Architecture*. 2022;17;4:487-500. (In Russ.). <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2022.4.487-500>. EDN: HYJUFC.
20. Rylitseva Yu.A., Orlov V.A. Systems of Visual Inspection and Repair of Water Supply and Drainage Pipelines. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering Journal of Don*. 2020;4(64):23. (In Russ.). EDN: YWMXVW.
21. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Comparative Analysis of Empirical Dependencies for Hydraulic Calculation of Wastewater Gravity Flow Network. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11;3(38):462-469. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-462-469>. EDN: FJLBZE.
22. Klyuev S.V., Shlychkov D.I., Muravyev K.A., Ksenofontova T.K. Optimal Design of Building Structures. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2020;29;5:2577-2583. EDN: HARNXJ.
23. Shlychkov D. Energy-saving as an Integral Part of Technical and Economic Efficiency. *Opcion*. 2019;35;24:1626-1636. EDN: KVVBXI.
24. Orlov V.A., Zotkin S.P. Influence of the Temperature Factor on the Hydraulic Resistance of Pressure Pipes. In: *E3S Web of Conferences. XXIV International Scientific Conference "Construction the Formation of Living Environment"*. 2021. Vol. 263. 8 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126304004>.
25. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Reasons and Consequences of Sedimentation Layer Formation in Tray Part of Pipes of Waste Water Gravity Flow Networks. In: *Physical and Mathematical Modeling of Earth and Environment Processes –2022: Proceedings of 8th International Scientific Conference-School for Young Scientists*. 2023. p. 421-430. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25962-3_41.
26. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Recommended Dependence for Hydraulic Calculation of Gravity Drainage Networks in Order to Improve the Ecological Well-Being of Cities. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 937. Iss. 4. 9 p. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/937/4/042021>.
27. Braga A.S., Filion Y. A New Monitoring Scheme for Detecting Deposits of Iron Oxide Particles on the Inner Surface of PVC Drinking Water Pipes. *Environmental Science: Water Research & Technology*. 2021;7(11):2116-2128. <https://doi.org/10.1039/D1EW00614B>.

28. 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;15:9. <https://doi.org/10.1177/1178630221999635>.

29. 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;288:15. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112445>.

30. Mokhov A.I., Komarov N.M., Abrosimova I.A. Information Model of Intelligent Support for Effective Decisions. *Building Life-cycle Management. Information Systems and Technologies: Selected Papers*. 2022;231:191-198. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96206-7_20.

Информация об авторах

Продоус Олег Александрович,

д.т.н., профессор,
независимый эксперт по «Водоснабжению
и Канализации»,
190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 37/1,
лит. А, Россия,
e-mail: pro@enco.su
<https://orcid.org/0000-0003-0389-3695>
Autor ID: 837891

Шлычков Дмитрий Иванович,

к.т.н., доцент кафедры
водоснабжения и водоотведения,
Национальный исследовательский
Московский государственный строительный
университет,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,
Россия,
✉e-mail: ShlyichkovDI@mgsu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0210-2695>
Autor ID: 536457

Челоненко Андрей Геннадьевич,

студент,
Национальный исследовательский
Московский государственный строительный
университет,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,
Россия,
e-mail: ChelonenkoAG@mgsu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3349-8442>
Autor ID: 1217623

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors

Oleg A. Prodous,

Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Independent Expert on "Water Supply
and Sanitation",
37/1, letter A, Moskovskii Ave.,
Saint Petersburg 190005, Russia,
e-mail: pro@enco.su
<https://orcid.org/0000-0003-0389-3695>
Autor ID: 837891

Dmitriy I. Shlychkov,

Cand. Sci (Eng.), Associate Professor
of the Department of Water Supply
and Water Disposal,
Moscow State University of Civil Engineering
(National Research University),
26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow 129337,
Russia,
✉e-mail: ShlyichkovDI@mgsu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0210-2695>
Autor ID: 536457

Andrey G. Chelonenko,

Student,
Moscow State University
of Civil Engineering
(National Research University),
26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow 129337,
Russia,
e-mail: ChelonenkoAG@mgsu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3349-8442>
Autor ID: 1217623

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 04.12.2023.
Одобрена после рецензирования 28.12.2023.
Принята к публикации 12.01.2024.

Information about the article

The article was submitted 04.12.2023.
Approved after reviewing 28.12.2023.
Accepted for publication 12.01.2024.