

**Прогнозирование возможности продолжения эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб****Олег Александрович Продоус<sup>1</sup>, Дмитрий Иванович Шлычков<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ООО «ИНКО-эксперт», г. Санкт-Петербург, Россия, [pro@enco.ru](mailto:pro@enco.ru)<sup>2</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия, [ShlyichkovDI@mgsu.ru](mailto:ShlyichkovDI@mgsu.ru)

**Аннотация.** Цель работы заключается в выведении и уточнении расчетной формулы для прогнозирования продолжения эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб. По мнению авторов, в основу прогнозирования возможности дальнейшей эксплуатации сетей водоотведения должен быть заложен гидравлический принцип оценки эффективности их работы, как наиболее точный. Для этого было введено понятие эффективности работы самотечной сети водоотведения и предложен критерий ее оценки. В работе представлен пример расчета характеристик гидравлического потенциала бетонных труб диаметром 400 мм. Предложена расчетная зависимость для определения значений коэффициента эффективности работы самотечной сети водоотведения и показан диапазон его колебаний. Был сделан вывод, что экспертное прогнозирование возможности дальнейшей эксплуатации сетей водоотведения должно осуществляться по величине значения коэффициента эффективности работы сети, вычисляемого по формуле, приведенной в статье. Рекомендована разработка методики расчета значений коэффициента эффективности работы сети водоотведения и специальных таблиц для гидравлического расчета труб с разной толщиной слоя отложений. Приведенные в статье материалы обеспечивают организациям, эксплуатирующим самотечные сети водоотведения, возможность повышения уровня эксплуатации сетей за счет прогнозирования возможности ее продолжения по значению величины коэффициента эффективности работы данных сетей  $K_{эф}$ .

**Ключевые слова:** самотечные сети водоотведения, слой отложений, гидравлический расчет, коэффициент эффективной работы, методика, таблицы

**Для цитирования:** Продоус О. А., Шлычков Д. И. Прогнозирование возможности продолжения эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 646–653. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-646-653>.

**Original article****Forecasting continued operation of gravity drainage networks with deposits in pipe water troughs****Oleg A. Prodous<sup>1</sup>, Dmitriy I. Shlychkov<sup>2</sup>**<sup>1</sup>INCO-Expert LLC, St. Petersburg, Russia, [pro@enco.ru](mailto:pro@enco.ru)<sup>2</sup>Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia, [ShlyichkovDI@mgsu.ru](mailto:ShlyichkovDI@mgsu.ru)

**Abstract.** In this work, the formula for forecasting the continued operation of gravity drainage networks with deposits in pipe water troughs is deduced and refined. In the authors' opinion, such a forecast should be based on the hydraulic principle for assessing the efficiency of a network operation, as the most accurate. To this end, the concept associated with the efficiency of gravity drainage networks was introduced, and a criterion for its assessment was proposed. In the study, the characteristics of hydraulic potential for concrete pipes with a diameter of 400 mm were calculated as an example. An empirical formula was proposed for determining the efficiency factor of the gravity drainage network, and its deviation range was shown. It was concluded that the expert prognosis of continued operation

of gravity drainage networks should be based on the efficiency factor of the network, calculated using the obtained formula. It is recommended that a method for calculating an efficiency factor describing gravity drainage networks and special tables for the hydraulic calculation of pipes having a sediment layer of different thicknesses be elaborated. The data presented in the article allow servicing of gravity drainage network to be improved by forecasting its continued operation using the efficiency factor  $K_{ef}$ .

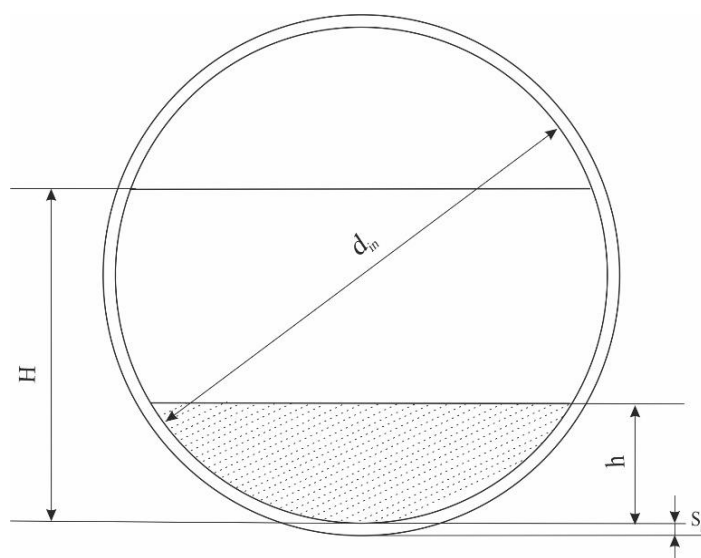
**Keywords:** gravity drainage networks, sediment layer, hydraulic calculation, efficiency factor, methodology, tables

**For citation:** Prodous O. A., Shlychkov D. I. Forecasting continued operation of gravity drainage networks with deposits in pipe water troughs. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(4):646-653. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-646-653>.

### Введение

Самотечные сети водоотведения, как правило, работают при установившемся равномерном режиме движения сточных вод, при

котором, в зависимости от скорости потока, в лотковой части труб возможно образование слоя отложений (рис. 1).<sup>1</sup>



**Рис. 1.** Геометрические параметры потока в самотечных сетях водоотведения  
**Fig. 1.** Geometric parameters of the flow in gravity drainage networks

Толщина слоя  $h$  зависит от режима движения стоков и от состава сточных вод. Чем меньше фактическая скорость потока, тем больше толщина этого слоя и тем больше сопротивление движению, то есть больше значение величины потерь напора – гидравлического уклона [1].

Поэтому требуется прогнозирование скоростных режимов потока в трубах из разных материалов с разной толщиной слоя  $h$ , обеспечивающих удлинение периода образования этого слоя для обоснования графиков проведения гидродинамической очистки сетей водоотведения и оценки возможности продол-

жения их дальнейшей эксплуатации [2].

Методика оценки продолжительности использования металлических сетей водоснабжения и водоотведения уже разработана, однако эта методика касается только сетей водоснабжения из стали и серого чугуна [3].

В сетях водоотведения бытовых сточных вод широко используются трубы из следующих видов инертных материалов: бетона, железобетона, полиэтилена, поливинилхлорида и стеклопластика. Трубы из чугуна (в т.ч. из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом) нами рассматриваться не будут.

<sup>1</sup>Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справ. пособ. М.: Издательский Дом «Бастет», 2014. 382 с.

# Методы

По мнению авторов, в основу прогнозирования возможности дальнейшей эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб должен быть заложен *гидравлический принцип оценки эффективности их работы*, как наиболее точный [4].

Введем понятие «эффективность работы самотечной сети водоотведения».

Эффективно работающей считается сеть водоотведения, характеризующаяся:

- минимальной скоростью самоочищения –  $V_{min}$ ;
- минимальными потерями напора на преодоление сопротивлений по длине – минимальным гидравлическим уклоном  $i_{min}$ ;
- требуемым наполнением в трубах –  $\frac{H}{d_{вн}}$ .

Оценка величин значений перечисленных параметров является основанием для разработки прогноза дальнейшего использования сети и технологических мероприятий, обеспечивающих изменение значений параметров эксплуатации [1]. Целью прогнозирования возможности продолжения дальнейшей эксплуатации сети является:

- разработка графиков гидродинамической очистки сети;
- планирование финансовых затрат предприятий, эксплуатирующих самотечную сеть водоотведения [5].

Поэтому необходимо предложить критерий, по которому можно производить прогноз возможности продолжения дальнейшей эксплуатации сети.

Таким критерием является коэффициент эффективности работы сети водоотведения, который характеризует гидравлическую эффективность ее работы, то есть:

$$K_{эф} = \frac{i_H \cdot V_H \cdot (d_{вн}^H)^2}{i_{пр} \cdot V_{пр} \cdot (d_{пр})^2}, \quad (1)$$

где  $V_H$  – скорость потока в новой трубе (по проекту), м/с;  $d_{вн}^H$  – внутренний диаметр новой трубы из конкретного вида материала, м;  $i_H$  – гидравлический уклон сети по проекту, м/м;  $V_{пр}$  – приведенная скорость потока в трубе со слоем отложений  $h$ , м/с;  $d_{пр}$  – приведенный диаметр труб, м;  $i_{пр}$  – приведенный гидравлический уклон, м/м.

Совокупность значений параметров  $V$ ,  $d_{вн}$ ,  $i$  называют гидравлическим потенциалом самотечной сети водоотведения. В работе [6] приведены расчетные зависимости для определения значений перечисленных параметров.

Считается, что величина  $K_{эф}$  может изменяться в диапазоне значений от 0 до 1:  $0 \leq K_{эф} \leq 1$ . При этом для новых труб  $K_{эф} = 1$ . Чем больше толщина слоя отложений  $h$ , тем меньше значение величины  $K_{эф}$ .

Для разных диаметров труб требуется устанавливать предельные значения  $h$ , при которых дальнейшая эксплуатация сети недопустима без проведения ее гидродинамической очистки.

Для этого на конкретном примере проведем расчет значений характеристик гидравлического потенциала труб с толщиной слоя отложений  $h = 1$  см (0,01 м), 3 см (0,03 м), 5 см (0,05 м), 7 см (0,07 м) и 10 см (0,10 м). Сеть выполнена из бетонных труб диаметром  $d_{вн} = 400$  мм (0,4 м) для транспортирования хозяйственно-бытового стока с расходом  $q = 0,15$  м<sup>3</sup>/с (150 л/с).

В табл. 1 для условий задачи даны значения приведенных характеристик гидравлического потенциала труб с разной толщиной слоя  $h$  и значения  $K_{эф}$ .

**Таблица 1.** Характеристики гидравлического потенциала труб

**Table 1.** Characteristics of the hydraulic potential of pipes

| Приведенные характеристики гидравлического потенциала труб | Толщина слоя отложений, $h$ , м |         |         |         |         |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                                                            | 0,001                           | 0,003   | 0,005   | 0,007   | 0,01    |
| $V_{пр}$ , м/с                                             | 1,38                            | 1,55    | 1,68    | 1,81    | 1,98    |
| $d_{пр}$ , м                                               | 0,372                           | 0,351   | 0,337   | 0,325   | 0,311   |
| $i_{пр}$ , м/м                                             | 0,00537                         | 0,00549 | 0,00562 | 0,00585 | 0,00610 |
| $K_{эф}$                                                   | 0,61                            | 0,59    | 0,58    | 0,56    | 0,53    |

Расчет значений приведенных характеристик гидравлического потенциала бетонных труб диаметром 400 мм (0,4 м) произведен по следующим формулам:

$$V_{пр} = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d_{пр}^2}, \quad \text{м/с}, \quad (2)$$

где  $q$  – заданный расход, м<sup>3</sup>/с;  $d_{пр}$  – приведенный внутренний диаметр труб, м.

$$d_{пр} = \sqrt{d_{вн}^2 - d_{ф}^2}, \quad \text{м}, \quad (3)$$

где  $d_{вн}$  – внутренний диаметр новой трубы без отложений, м;  $d_{ф}$  – фактический внутренний диаметр новой трубы с отложениями, м,

$$d_{\phi} = d_{\text{вн}} - h, \text{ м}, \quad (4)$$

где  $h$  – толщина слоя отложений в лотковой части трубы, м.

Смысл понятия  $d_{\text{пр}}$  раскрыт в работе [6].

### Результаты и их обсуждение

Анализ табличных значений (табл. 1) характеристик гидравлического потенциала труб ( $V_{\text{пр}}$ ,  $d_{\text{пр}}$ ,  $i_{\text{пр}}$ ) свидетельствуют о том, что с ростом толщины слоя отложений  $h$  изменяется (увеличивается) приведенная скорость потока  $V_{\text{пр}}$ , увеличивается значение гидравлического уклона  $i_{\text{пр}}$  и наполнение  $\frac{H}{d_{\text{вн}}}$  в трубах и, как следствие, уменьшается площадь оставшегося пространства для пропускания неизменяющегося расхода  $q$ , зависящего от значения приведенного диаметра  $d_{\text{пр}}$ .

Расчетной формулой для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения является уточненная авторами данной статьи формула А. Шези, имеющая вид [6]:

$$i = \frac{4 \cdot V_{\text{пр}}^2}{C^2 \cdot d_{\text{пр}}}, \text{ м/м}, \quad (5)$$

где  $V_{\text{пр}}$  – приведенная скорость самотечного потока в трубе с отложениями (формула (2)), м/с;  $C$  – коэффициент А. Шези, вычисляемый по формуле:

$$C = \frac{R^y}{n}, \quad (6)$$

где  $R$  – гидравлический радиус,  $R = \frac{d_{\text{вн}}}{4}$ , м;  $y$  – показатель степени, вычисляемый по формуле [6]:

$$y = 1,5\sqrt{n};$$

$n$  – коэффициент шероховатости. Для расчетов обычно принимают значение  $n = 0,013$ .

Расчет значений  $i_{\text{н}}$  и  $i_{\text{пр}}$  по формуле (1) позволяет определить значение  $K_{\text{эф}}$  как отношение совокупности гидравлических уклонов  $i_{\text{н}}$  и  $i_{\text{пр}}$  новых труб и труб с отложениями, умноженных на скорость  $V_{\text{н}}$  и  $d_{\text{вн}}$  в квадрате и  $V_{\text{пр}}$  и  $d_{\text{пр}}$  в квадрате.

$$K_{\text{эф}} = \frac{i_{\text{н}} \cdot V_{\text{н}} \cdot (d_{\text{вн}}^{\text{н}})^2}{i_{\text{пр}} \cdot V_{\text{пр}} \cdot (d_{\text{пр}})^2}, \quad (7)$$

где  $i_{\text{н}}$  – гидравлический уклон новых труб без отложений, м/м;  $i_{\text{пр}}$  – приведенный гидравлический уклон труб с отложениями  $h$  в лотковой части, м/м;  $d_{\text{вн}}^{\text{н}}$  – внутренний диаметр новой трубы, м;  $d_{\text{пр}}$  – приведенный диаметр трубы, м;  $h$  – толщина слоя отложений, м.

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{d_{\text{вн}}^2 - (d_{\text{вн}} - h)^2}, \text{ м}.$$

Анализ значений  $K_{\text{эф}}$ , приведенных в табл. 1 для труб с разной толщиной слоя отложений, показывает, что чем меньше значение  $K_{\text{эф}}$ , тем больше толщина слоя  $h$  в лотковой части трубы. По величине значений  $K_{\text{эф}}$  можно прогнозировать возможность продолжения дальнейшей эксплуатации сетей водоотведения [7].

В табл. 2 приведены значения диапазона колебаний величин  $K_{\text{эф}}$ , по которым определяют (прогнозируют) возможность продолжения дальнейшей эксплуатации сетей водоотведения.

**Таблица 2.** Диапазон изменения значений  $K_{\text{эф}}$

**Table 2.** Range of change of  $K_{\text{eff}}$  values

| Диапазон значений $K_{\text{эф}}$ | Возможность продолжения дальнейшей эксплуатации сети                                     |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| $0,6 \geq K_{\text{эф}} \leq 1$   | Возможно                                                                                 |
| $0,5 \geq K_{\text{эф}} \leq 0,6$ | Требуется проведение гидродинамической очистки сети                                      |
| $K_{\text{эф}} \leq 0,5$          | Сеть эксплуатировать недопустимо.<br>Требуется проведение гидродинамической очистки сети |

Таким образом, экспертное прогнозирование возможности дальнейшей эксплуатации сетей водоотведения должно осуществляться по величине значения коэффициента эффективности работы сети, вычисляемого по формуле (7). Для этого требуется:

- разработать методику (методические рекомендации) по расчету величин значений  $K_{\text{эф}}$ ;

- разработать специальные «Таблицы для гидравлического расчета самотечных сетей

водоотведения с отложениями в лотковой части труб» [8].

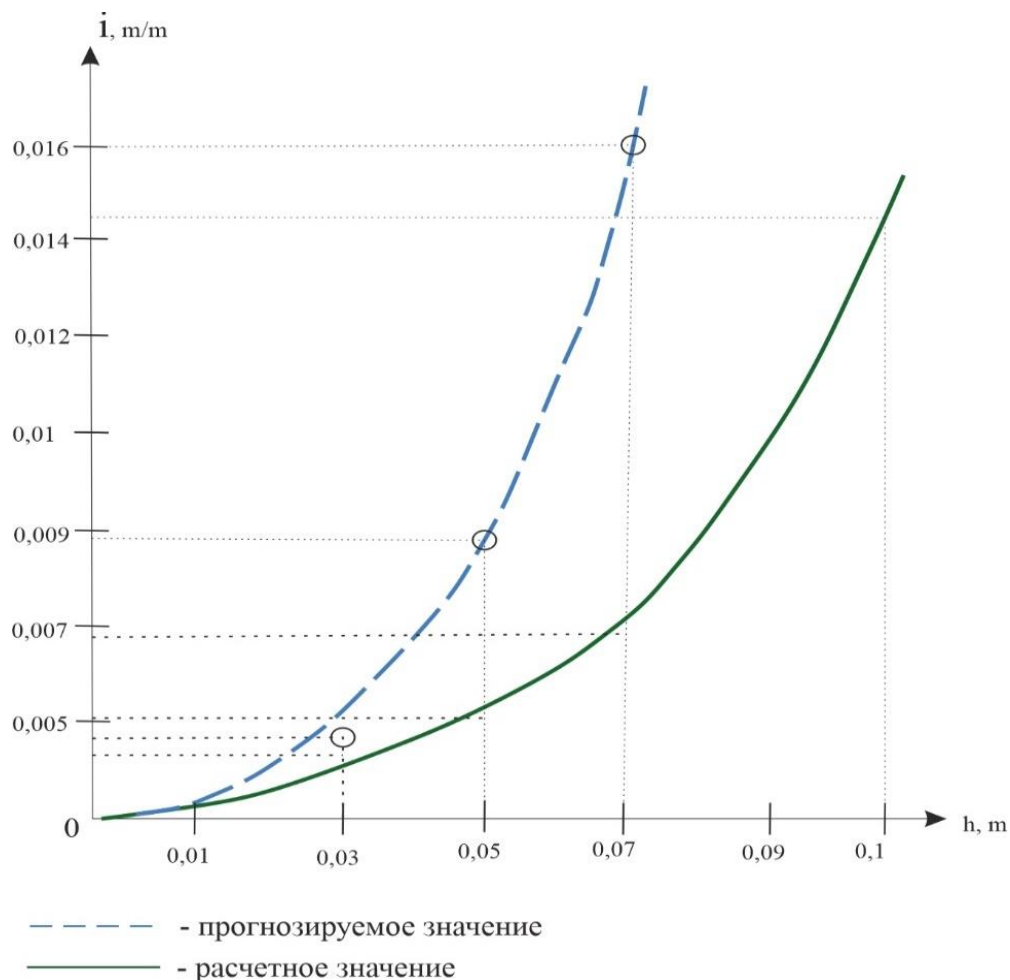
В табл. 3 для условий примера представлены расчетные (по  $d_{\text{вн}}$ ) и прогнозные (по  $d_{\text{пр}}$ ) значения гидравлического уклона  $i$  (формула (5)), по которым на рис. 2 построены графики зависимости  $i = f(h)$  при скорости потока  $V = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0$  и  $2,5$  м/с для новых бетонных труб диаметром 400 мм и для тех же труб с толщиной слоя отложений  $h = 0,1$  м.

**Таблица 3.** Расчетные и прогнозные значения гидравлического уклона  
**Table 3.** The calculated and predicted values of the hydraulic slope

| Характеристики труб (бетонных по ГОСТ)                            |                              |                                 |       |                  |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------|------------------|
| $V, \text{ м/с}$                                                  | $d_{\text{вн}}^*, \text{ м}$ | $d_{\text{пр}}^{**}, \text{ м}$ | $C$   | $i, \text{ м/м}$ |
| Новые бетонные трубы диаметром 400 мм                             |                              |                                 |       |                  |
| 0,5                                                               | 0,400                        | —                               | 65,77 | 0,00058          |
| 1,0                                                               |                              |                                 |       | 0,00231          |
| 1,5                                                               |                              |                                 |       | 0,00520          |
| 2,0                                                               |                              |                                 |       | 0,00925          |
| 2,5                                                               |                              |                                 |       | 0,01445          |
| Бетонные трубы диаметром 400 мм с отложениями $h = 0,1 \text{ м}$ |                              |                                 |       |                  |
| 0,5                                                               | 0,399                        | 0,399                           | 51,23 | 0,000955         |
| 1,0                                                               | 0,397                        | 0,351                           | 50,74 | 0,00391          |
| 1,5                                                               | 0,395                        | 0,337                           | 50,38 | 0,00898          |
| 2,0                                                               | 0,393                        | 0,325                           | 50,07 | 0,01624          |
| 2,5                                                               | 0,390                        | 0,311                           | 49,70 | 0,06654          |

\* –  $d_{\text{вп}} = (d_{\text{н}} - 2Sp) - h, \text{ м};$

\*\* –  $d_{\text{пр}} = \sqrt{d_{\text{вн}}^2 - (d_{\text{вн}} - h)^2}, \text{ м}.$



**Рис. 2.** Графики зависимости  $i = f(h)$  расчетных и прогнозных значений  $i$  для бетонных труб диаметром 400 мм с толщиной слоя отложений  $h = 0,1 \text{ м}$

**Fig. 2.** Graphs of the dependence  $i = f(h)$  of the calculated and predicted values of  $i$  for concrete pipes with a diameter of 400 mm with a deposit layer thickness  $h = 0.1 \text{ м}$

### Заключение

Графики зависимости  $i = f(h)$ , приведенные на рис. 2, свидетельствуют о том, что прогнозирование возможности продолжения дальнейшей эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб обязательно и необходимо [9, 10].

Приведенные в статье материалы обеспечивают организациям, эксплуатирующим самотечные сети водоотведения, возможность повышения уровня эксплуатации сетей за счет прогнозирования возможности ее продолжения по значению величины коэффициента эффективности работы сетей водоотведения  $K_{эф}$  [11].

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. 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. p. 112445. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112445>.
2. Бляшко Я. И. Использование канализационных стоков водоканалов напорно-самотечных водоводов и сбросов ТЭЦ для выработки электрической энергии // *Главный энергетик*. 2020. № 6. С. 35–44.
3. Воинцева И. И., Новиков М. Г., Проодоус О. А. Продление периода эксплуатации трубопроводов систем водоснабжения из стальных и чугунных труб // *Инженерные системы*. 2019. № 1. С. 44–47.
4. Shlychikov D. Energy-saving as an integral part of technical and economic efficiency // *Option*. 2019. Vol. 35. № SpecialEdition24. С. 1626-1636.
5. Чупин Р. В. Оптимизация развивающихся систем водоотведения: монография. Иркутск: ИрГТУ, 2015. 417 с.
6. Проодоус О. А. Методика оценки продолжительности использования металлических трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*. 2021. № 1 (157). С. 4–10.
7. Проодоус О. А., Шлычков Д. И. Сравнительный анализ расчетных зависимостей для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2021. Т. 11. № 3. С. 462–469. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-3-462-469>.
8. Проодоус О. А., Новиков М. Г., Самбурский Г. А., Шипилов А. А., Терехов Л. Д., Якубчик П. П. и др. Рекомендации по реконструкции неновых металлических трубопроводов водоснабжения из стали и серого чугуна. СПб, М.: Свое издательство, 2021. 36 с.
9. Проодоус О. А., Шлычков Д. И. Уточненная формула А. Шези для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб // *Интеллектуальный марафон в области водоснабжения и водоотведения: сб. докладов участников интеллектуального марафона в области водоснабжения и водоотведения среди молодых ученых, аспирантов и студентов (Москва, 09 сентября 2021 г.)*. М.: МИСИ – МГСУ, 2021. С. 56–60.
10. Орлов В. А. Энергосбережение как результат реконструкции водопроводных сетей бестраншейными методами // *Актуальные проблемы строительной отрасли и образования: сб. докладов Первой Национальной конференции (Москва, 30 сентября 2020 г.)*. М., 2020. С. 866–870.
11. Проодоус О. А., Шлычков Д. И. Об изменении значений гидравлических характеристик напорных канализационных коллекторов из стальных и чугунных труб с внутренними отложениями // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2020. № 12 (744). С. 70–77. <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-744-12-70-77>.

### REFERENCES

1. Schwermer CU, 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;288:112445. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112445>.
2. Blyashko Yal. Use of sewage effluents of water utilities, pressure-gravity water conduits and discharges of a thermal electric power plant to generate electrical energy. *Glavnyi energetik*. 2020;6:35-44. (In Russ.).
3. Vointseva II, Novikov MG, Prodous OA. Extension of the period of operation of pipelines of water supply systems made of steel and cast iron pipes. *Inzhenernye sistemy*. 2019;1:44-47. (In Russ.).

4. Shlychkov D. Energy-saving as an integral part of technical and economic efficiency. *Option*. 2019;35(SpecialEdition24):1626-1636.
5. Chupin RV. Optimization of developing drainage systems: monograph. Irkutsk: ISTU; 2015. 418 p. (In Russ.).
6. Prodous OA. Methodology for assessing the continued use of metal pipelines in water supply and drainage systems. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*. 2021;1(157):4-10. (In Russ.).
7. Prodous OA, Shlychkov DI. 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):462-469. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-3-462-469>.
8. Prodous OA, Novikov MG, Samburskiy GA, Shipilov AA, Terekhov LD, Yakubchik PP, et al. Recommendations for the reconstruction of new metal water supply pipelines made of steel and gray cast iron. Saint Petersburg, Moscow: Svoe izdatel'stvo; 2021. 36 p. (In Russ.).
9. Prodous OA, Shlychkov DI. The refined formula of A. Shezy for the hydraulic calculation of gravity drainage networks in the chute part of the pipes. *Intellektual'nyi marafon v oblasti vodosnabzheniya i vodootvedeniya: sb. dokladov uchastnikov intellektual'nogo marafona v oblasti vodosnabzheniya i vodootvedeniya sredi molodykh uchenykh, aspirantov i studentov* (Moscow, 09<sup>th</sup> September 2021). Moscow: MISI – MGSU; 2021. p. 56-60. (In Russ.).
10. Orlov VA. Energy saving as a result of reconstruction of water supply networks by trenchless methods. *Aktual'nye problemy stroitel'noi otrasli i obrazovaniya: sb. dokladov Pervoi Natsional'noi konferentsii* (Moscow, 30<sup>th</sup> September 2020). Moscow, 2020. p. 866-870. (In Russ.).
11. Prodous OA, Shlychkov DI. On the change in the values of the hydraulic characteristics of pressure sewer headers made of steel and cast iron pipes with internal deposits. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo = News of higher educational institutions. Construction*. 2020;12(744):70-77. (In Russ.). <https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-744-12-70-77>.

#### Информация об авторах

**О. А. Продоус,**  
доктор технических наук,  
генеральный директор,  
ООО «ИНКО-эксперт»,  
190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т,  
37/1А, Россия,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0389-3695>

**Д. И. Шлычков,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
водоснабжения и водоотведения,  
Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный  
университет,  
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,  
Россия,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0210-2695>

#### Information about the authors

**Oleg I. Prodous,**  
Dr. Sci. (Eng.), General Director,  
INCO-Expert LLC,  
37/1A Moskovsky Av., St. Petersburg, 190005,  
Russia,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0389-3695>

**Dmitriy Iv. 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,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0210-2695>

#### Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### 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.

Все авторы прочитали и одобрили  
окончательный вариант рукописи.

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

Статья поступила в редакцию 19.10.2021.  
Одобрена после рецензирования 22.11.2021.  
Принята к публикации 23.11.2021.

The article was submitted 19.10.2021.  
Approved after reviewing 22.11.2021.  
Accepted for publication 23.11.2021.