

**Сравнение результатов расчета гидравлического уклона самотечных сетей водоотведения по классической и уточненной формуле А. Шези****Анна Александровна Малышева<sup>1</sup>, Ивана Александровна Абросимова<sup>2✉</sup>,  
Сергей Викторович Пархоменко<sup>3</sup>**<sup>1,2</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,  
г. Москва, Россия<sup>3</sup>Управление капитального строительства АО «Мосводоканал», г. Москва, Россия<sup>1</sup>MalyshevaAA@mgsu.ru<sup>2</sup>AbrosimovaIA@mgsu.ru✉<sup>3</sup>parhomenko\_sv@mosvodokanal.ru

**Аннотация.** Цель работы заключается в проведении сравнения результатов расчета по классической формуле Антуана Шези и уточненной формуле Продоуса – Шлычкова. Тандем ученых утверждает, что в их формуле учитывается толщина фактического слоя отложений в лотковой части труб, в отличие от классической формулы гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения, введенной в 1769 году. Использование формулы А. Шези для гидравлического расчета новых труб из разных материалов дает достаточную практическую точность расчета  $i$ , однако для труб с отложениями в лотковой части исследований не проводилось. Отличительной особенностью формулы А. Шези является то, что в знаменатель входит значение приведенного диаметра труб, который и учитывает влияние толщины слоя отложений  $h$ . Для сравнения результатов эффективности двух формул была решена практическая задача. В ней необходимо было сравнить на конкретном примере результаты расчета гидравлического уклона  $i$ , подсчитанные по классической формуле А. Шези и по уточненной формуле Продоуса – Шлычкова. Анализ значений характеристик труб свидетельствует о том, что наличие слоя отложений  $h = 0,1$  м в лотковой части труб приводит к увеличению скорости самотечного потока с  $V_n = 0,88$  м/с до  $V_{np} = 2,0$  м/с, то есть в 2,27 раз, и гидравлического уклона с  $i_n = 0,00282$  м/м до  $i_{np} = 0,02527$  м/м, то есть в 8,96 раз. Следовательно, введение в расчетную формулу значения  $d_{np}$  позволяет получать более точные результаты гидравлического расчета значений гидравлического уклона  $i_{np}$  для труб с отложениями в их лотковой части. Приведен пример гидравлического расчета труб с отложениями и построены графики зависимости гидравлического уклона от фактической скорости потока. Полученные расчетные значения сведены в таблицу зависимости характеристик труб от различной скорости самотечного потока. Было рекомендовано внесение уточненной формулы А. Шези в требования нормативного стандарта СП 32.13330.2012.

**Ключевые слова:** самотечные сети водоотведения, гидравлический расчет, расчетные зависимости, уточнения, скорость самотечного потока

**Для цитирования:** Малышева А. А., Абросимова И. А., Пархоменко С. В. Сравнение результатов расчета гидравлического уклона самотечных сетей водоотведения по классической и уточненной формуле А. Шези // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 638–645. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-638-645>.

**Original article****Comparison of calculation results on a hydraulic slope in gravity drainage networks using classical and refined A. Chézy formula****Anna A. Malysheva<sup>1</sup>, Ivanna A. Abrosimova<sup>2✉</sup>, Sergey V. Parhomenko<sup>3</sup>**<sup>1,2</sup>Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia<sup>3</sup>Capital Construction Department of JSC "Mosvodokanal", Moscow, Russia<sup>1</sup>MalyshevaAA@mgsu.ru<sup>2</sup>AbrosimovaIA@mgsu.ru✉<sup>3</sup>parhomenko\_sv@mosvodokanal.ru

**Abstract.** In the present work, we compare the calculation results by the classical Antoine Chézy formula and refined Prodous - Shlychkov formula. Unlike the classical formula for the hydraulic calculation of gravity drainage networks introduced in 1769, the new formula includes the thickness of an actual deposit layer in pipe water troughs. Using the A. Chézy formula for the hydraulic calculation of new pipes made of different materials provides sufficient practical accuracy; however, no studies have been performed for pipes with deposits in the water troughs. The Chézy formula is characterized by the denominator having the reduced pipe diameter, which takes into account the effect of the thickness  $h$  associated with a sediment layer. To compare the precision of the two formulas, a practical problem should be solved. For that, a specific example is necessary to compare the calculation results of hydraulic slope  $i$ , obtained using the classical Chézy formula and refined Prodous - Shlychkov formula. Analysis of the values of pipe characteristics indicates that the presence of a deposit layer  $h = 0.1$  m in the water troughs leads to an increase in the gravity flow rate from  $V_n = 0.88$  m/s to  $V_{pr} = 2.0$  m/s (2.27 times) and the hydraulic slope from  $i_n = 0.00282$  m/m to  $i_{pr} = 0.02527$  m/m (8.96 times). Therefore, introducing the  $d_{pr}$  value to the formula allows more accurate results in the hydraulic calculation of the hydraulic slope  $i_{pr}$  to be obtained for pipes with deposits in their water troughs. An example of hydraulic calculation for pipes with deposits and the dependency graph of the hydraulic slope as a function of the actual flow rate are provided. The obtained values are summarised in a table with pipe characteristics depending on different gravity flow rates. It is recommended to introduce the refined A. Chézy formula to the normative standard RR 32.13330.2012.

**Keywords:** gravity drainage networks, hydraulic calculation, calculated dependencies, clarifications, gravity flow rate

**For citation:** Malysheva A. A., Abrosimova I. A., Parhomenko S. V. Comparison of calculation results on a hydraulic slope in gravity drainage networks using classical and refined A. Chézy formula. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2021;11(4):638-645. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-638-645>.

## Введение

Более 250 лет (с 1769 г.) для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения в европейских странах и в России используется формула Антуана Шези [1, 2], имеющая вид:

$$V = C\sqrt{R \cdot i}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

где  $V$  – скорость самотечного потока, м/с;  $C$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние шероховатости стенок труб и значений характеристик сточной жидкости (вязкость, температуру, наличие взвеси и др.) на величину потерь по длине трубопровода;  $R$  – гидравлический радиус, м,  $R = \frac{d_{вн}}{4}$ ;  $i$  – гидравлический уклон, м/м (мм/м).

Формула (1) имеет широкое применение на практике, однако она не учитывает изменений скорости потока  $V$  при образовании слоя отложений  $h$  в лотковой части труб (рис. 1).

## Методы

Использование формулы А. Шези (1) для гидравлического расчета новых труб из разных материалов дает достаточную практическую точность расчета  $i$ , однако для труб с

отложениями в лотковой части исследований не проводилось [1, 2].

В 2021 году профессором О. А. Продусом и доцентом Д. И. Шлычковым была предложена и опубликована расчетная зависимость, учитывающая при расчете значений гидравлического уклона  $i$  в трубах с отложениями толщину фактического слоя отложений  $h$  [3, 4]. Формула Продуса – Шлычкова имеет вид:

$$i_{pr} = \frac{4 \cdot V_{pr}^2}{C_{pr}^2 \cdot d_{pr}}, \text{ м/м}, \quad (2)$$

где  $V_{pr}$  – скорость установившегося потока, м/с;  $C_{pr}$  – коэффициент А. Шези, определяемый по формуле [4] для условий наличия слоя отложений в лотковой части труб:

$$C_{pr} = \frac{R_{pr}^y}{h}, \quad (3)$$

$y$  – показатель степени, определяемый по уточненной акад. Н.Н. Павловским формуле:

$$y \cong 1,5\sqrt{n}, \quad (4)$$

$n$  – коэффициент шероховатости стенок труб. Для практических расчетов принимают значение  $n$  в диапазоне значений величин:

$n = 0,012 \div 0,014$ ;  $d_{пр}$  – приведенный внутренний диаметр (рис. 1), определяемый по формуле:

$$d_{пр} = \sqrt{(d_n - 2S_p)^2 - (d_{вн} - h)^2}, \text{ м.} \quad (5)$$

Отличительной особенностью формулы (2) является то, что в знаменатель входит значение приведенного диаметра труб, который и учитывает влияние толщины слоя отложений  $h$  (рис. 1) [5].

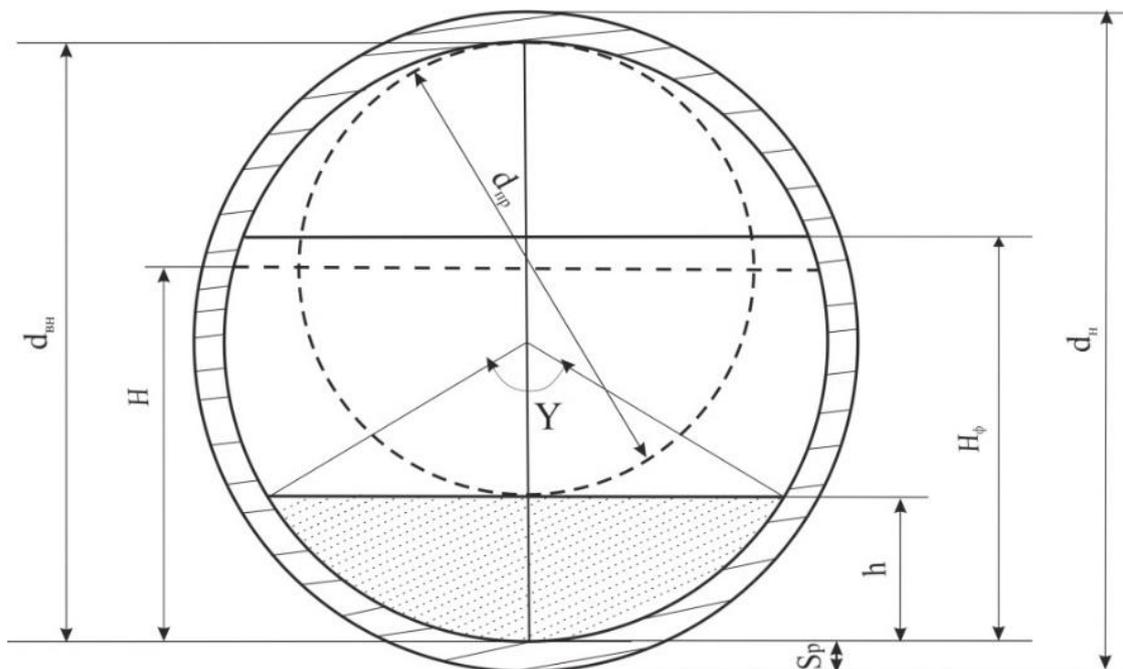
### Результаты и их обсуждение

Сравним на конкретном примере результаты расчета гидравлического уклона  $i$ , подсчитанные по классической формуле А. Шези (1) и по уточненной формуле Продоуса – Шлычкова (2).

#### Условия задачи

По самотечной сети из стеклопластиковых труб диаметром 400 мм SDR 17 (ГОСТ32415–2013) перемещается расход бытовых сточных вод  $q = 110$  л/с ( $0,11$  м<sup>3</sup>/с) [6, 7].

Температура стоков  $t = 12$  °С. Количество взвешенных веществ ВВ = 360 мг/л.



**Рис. 1.** Геометрические параметры самотечного потока в сетях водоотведения:

$d_n$  – наружный диаметр;  $d_{вн}$  – внутренний диаметр;  $S_p$  – толщина стенки трубы;

$h$  – толщина слоя отложений;  $H$  – высота столба жидкости в новой трубе;

$H_{ф}$  – фактическая высота наполнения в трубе с отложениями;

$Y$  – угол между хордами, ограничивающими область между поверхностью осадка и центром трубы

**Fig. 1.** Geometric parameters of gravity flow in sewerage networks:

$d_n$  - outer diameter;  $d_{вн}$  - inner diameter;  $S_p$  - pipe wall thickness;

$h$  - the thickness of the sediment layer;  $H$  - the height of the liquid column in the new pipe;

$H_{ф}$  - the actual filling height in the pipe with deposits;

$Y$  - the angle between the chords bounding the boundaries of the sediment surface with the center of the pipe

Сравнить значения  $i$ , полученные по формуле (1) и уточненной формуле (2). Построить графики зависимости  $i_n = f(V_n)$  и  $i_{пр} = f(V_{пр})$  для условий задачи.

#### Решение

Расчет значений  $i$  по формулам (1) и (2) идентичен. Однако их отличием является то, что в состав формулы (2) вместо  $d_{вн}$  входит показатель  $d_{пр}$ , учитывающий влияние толщины слоя отложений  $h$ .

Определяют значение  $V_n$  для новой трубы и трубы со слоем отложений при условии  $h = 0,1$  м,  $V_{пр}$  из стеклопластика:

$$V_n = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d_{вн}^2}, \text{ м/с};$$

$$V_n = \frac{4 \cdot 0,11}{3,14 \cdot 0,4^2} = \frac{0,44}{0,5024} = 0,88 \text{ м/с};$$

$$V_{пр} = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d_{пр}^2}, \text{ л/с.}$$

По формуле (5) находят значение  $d_{пр}$ :

$$d_{пр} = \sqrt{(0,4474 - 2 \cdot 0,0237)^2 - (0,4 - 0,1)^2} = \sqrt{0,4^2 - 0,3^2} = \sqrt{0,16 - 0,09} = \sqrt{0,07} = 0,265 \text{ м.}$$

$$* d_H = d_{вн} + 2S_p = 0,4 + 2 \cdot 0,0237 = 0,4474 \text{ м.}$$

$$V_{пр} = \frac{4 \cdot 0,11}{3,14 \cdot 0,265^2} = \frac{0,44}{0,2205} \cong 2,0 \text{ м/с.}$$

По формуле Р. Маининга [2], имеющей вид (для расчетов принимают  $n = 0,013$ ):

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} = \frac{\left(\frac{d_{вн}}{4}\right)^{0,167}}{0,013},$$

определяют значение коэффициентов А. Шези:

$$C_H = \frac{0,1^{0,167}}{0,013} = \frac{0,6808}{0,013} = 52,37.$$

$$C_{пр} = \frac{\left(\frac{d_{пр}}{4}\right)^{0,167}}{0,013} = \frac{\left(\frac{0,265}{4}\right)^{0,167}}{0,013} = \frac{0,06625^{0,167}}{0,013} = \frac{0,6355}{0,013} = 48,88.$$

По формуле (2) вычисляют значения гидравлического уклона  $i_H$  и  $i_{пр}$ :

$$i_H = \frac{4 \cdot V_H^2}{C_H^2 \cdot d_{вн}} = \frac{4 \cdot 0,88^2}{52,37^2 \cdot 0,4} = \frac{3,0976}{1097,05} = 0,00282 \text{ м/м;}$$

$$i_{пр} = \frac{4 \cdot V_{пр}^2}{C_{пр}^2 \cdot d_{пр}} = \frac{4 \cdot 2,0^2}{48,88^2 \cdot 0,265} = \frac{16}{633,15} = 0,02527 \text{ м/м.}$$

**Таблица 1.** Значения характеристик труб при разной скорости самотечного потока  
**Table 1.** Values of pipe characteristics at different rates of gravity flow

Гидравлические характеристики труб	Скорость потока, $V_H$ , м/с						
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
<i>Новые трубы из стеклопластика</i>							
$d_{вн}$ , м	0,4						
$C_H$	52,37						
$i_H$ , м/м	0,00091	0,00365	0,01458	0,03282	0,05834	0,09115	0,13126
<i>Трубы с толщиной слоя отложений <math>h = 0,1</math> м</i>							
$d_{пр}$ , м	0,265						
$C_{пр}$	48,88						
$i_{пр}$ , м/м	0,00158	0,00632	0,02527	0,05685	0,10108	0,15794	0,22743

Результаты расчетов по формулам (1) ÷ (5) сводят в табл. 1 для построения графиков зависимостей  $i = f(V)$  для новых труб и труб с толщиной слоя отложений  $h = 0,1$  м.

Анализ значений характеристик труб, приведенных в табл. 1, свидетельствует о том, что наличие слоя отложений  $h = 0,1$  м в лотковой части труб приводит к увеличению скорости самотечного потока с  $V_H = 0,88$  м/с до  $V_{пр} = 2,0$  м/с, то есть в 2,27 раза, и гидравлического уклона с  $i_H = 0,00282$  м/м до  $i_{пр} = 0,02527$  м/м, то есть в 8,96 раз [8].

Следовательно, введение в расчетную формулу (2) значения  $d_{пр}$ , рассчитываемого по формуле (5), позволяет получать более точные результаты гидравлического расчета значений гидравлического уклона  $i_{пр}$  для труб с отложениями в их лотковой части [9].

По данным табл. 1 на рис. 2 приведены графики зависимостей  $i_H = f(V_H)$  и  $i_{пр} = f(V_{пр})$ ,

подтверждающие сделанный вывод. Расхождение значений  $i_H$  и  $i_{пр}$  является следствием влияния слоя отложений  $h$  в лотковой части труб. Чем больше значение  $h$ , тем больше значения самотечной скорости потока  $V_{пр}$  и гидравлического уклона  $i_{пр}$ . Для приведенного примера расхождение значений  $V_H$  и  $V_{пр}$  при скорости потока  $V_H = 1,0$  м/с следующее (табл. 1):

$$V_H = 1,0 \text{ м/с, } V_{пр} = 2,0 \text{ м/с,}$$

то есть отличаются в два раза.

Соответственно:

$$i_H = 0,00282 \text{ м/м} < i_{пр} = 0,02527 \text{ м/м,}$$

то есть отличаются в 8,96 раз.

Поэтому расчетная формула (2) учитывает влияние толщины слоя отложений в лотковой части труб и существенно уточняет их гидравлический расчет [10].

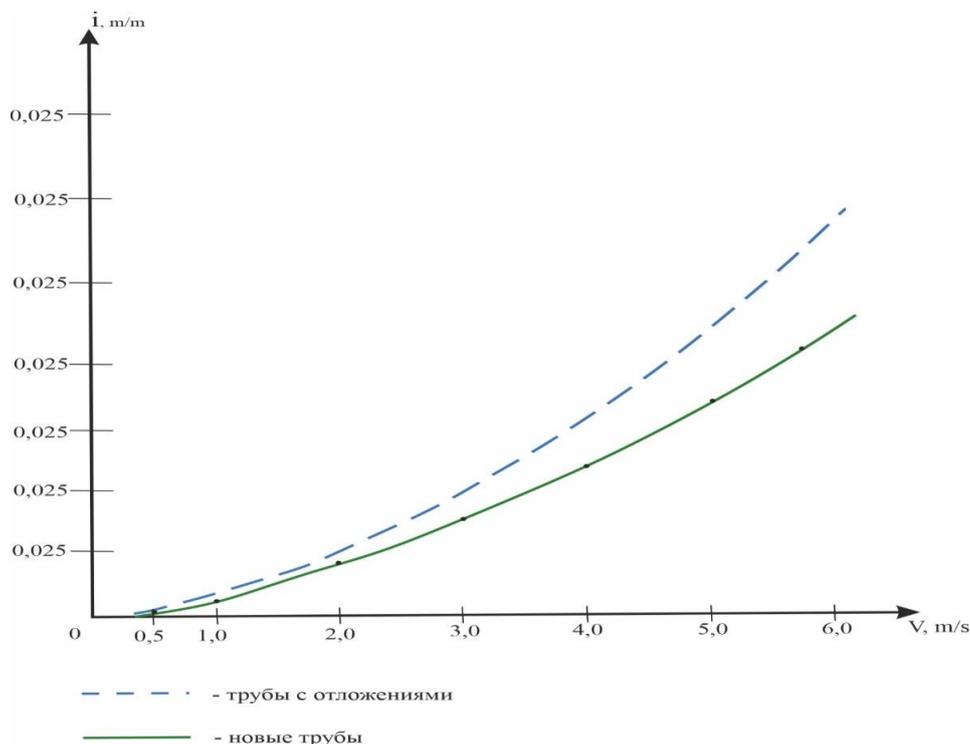


Рис. 2. Графики зависимостей  $i = f(V_n)$  и  $i_{пр} = f(V_{пр})$   
 Fig. 2. Depending graph  $i = f(V_n)$  и  $i_{пр} = f(V_{пр})$

### Заключение

Сравнение результатов гидравлического расчета труб по классической формуле Шези (1) и уточненной формуле Продоуса – Шлычкова (2) позволяет рекомендовать внесение последней в требования нормативного стандарта СП 32.13330.2012, так как она значительно уточняет гидравлический расчет самотечных сетей водоотведения с внутрен-

ними отложениями [11, 12]. Также полученные результаты могут быть использованы при внесении изменений в перечень наилучших доступных технологий строительного комплекса, что приведет к усовершенствованию методов автоматизированного интеллектуализированного анализа данных технологий [13].

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воинцева И. И., Новиков М. Г., Продоус О. А. Продление периода эксплуатации трубопроводов систем водоснабжения из стальных и чугунных труб // Инженерные системы. АВОК – Северо-Запад. 2019. № 1. С. 44–47.
2. Федоров Н. Ф., Волков Л. Е. Гидравлический расчет канализационных сетей. 4-е изд., испр. М.: Стандарт, 1968. 252 с.
3. Продоус О. А. Зависимость продолжительности исследования металлических трубопроводов водоснабжения от толщины слоя отложений на внутренней поверхности труб // Сборник докладов XV Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С. В. Яковлева (г. Москва, 19 марта 2020). Москва: МИСИ – МГСУ, 2020. С. 113–117.
4. Продоус 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>.
5. Орлов В. А. Энергосбережение как результат реконструкции водопроводных сетей бесшланцевыми методами // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования: сборник докладов Первой Национальной конференции (г. Москва, 30 сентября 2020 года). М., 2020. С. 866–870.
6. Чупин Р. В. Оптимизация развивающихся систем водоотведения: монография. Иркутск: ИрГТУ, 2015. 418 с.

7. 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>.
8. Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справ. пособ. М.: Издательский дом «Бастет», 2014. 382 с.
9. Мохов А. И. Отличие системного и комплексного подходов в научных исследованиях // *Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество: ежегодник*. 2019. С. 520–527.
10. 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. С. 462–469.  
<https://doi.org/10/21285/2227-2917-2021-3-462-469>.
11. Shlychov D. Energy-saving as an integral part of technical and economic efficiency // *Option*. 2019. Vol. 35. № SpecialEdition24. p. 1626-1636.
12. Мохов А. И., Душкин Р. В. Функциональный подход к интеллектуализации объектов на основе комплексотехники // *E-Management*. 2020. Т. 3. № 4. С. 13–25.  
<https://doi.org/10.26425/2658-3445-2020-3-4-13-25>.
13. Продоус О. А., Шлычков Д. И. Уточненная формула А. Шеши для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения в лотковой части труб [Электронный ресурс] // *Интеллектуальный марафон в области водоснабжения и водоотведения: сборник докладов участников интеллектуального марафона в области водоснабжения и водоотведения среди молодых ученых, аспирантов и студентов (г. Москва, 9 сентября 2021 г.)*. М.: МИСИ – МГСУ, 2021. С. 56–60. URL: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> (16.09.2021).

## REFERENCES

1. Vointseva II, Novikov MG, Prodous OA. Extention of the period of operation of pipelines of water supply systems made of steel and cast iron pipes. *Inzhenernye sistemy. AVOK – Severo-Zapad*. 2019;1:44-47. (In Russ.).
2. Fedorov NF, Volkov LE. Hydraulic calculation of sewer networks. 4th edition, revised. Moscow: Standard; 1968. 252 p. (In Russ.).
3. Prodous OA. Dependence of the duration of the study of metal water supply pipelines on the thickness of the sediment layer on the inner surface of the pipes. *Sbornik докладov XV Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati akademika RAN S.V. Yakovleva* (Moscow, 19 March 2020). Moscow: MISI – MGSU, 2020. p. 113-117. (In Russ.).
4. Prodous OA, Shlychov 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.  
<https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-744-12-70-77>. (In Russ.).
5. Orlov VA. Energy saving as a result of reconstruction of water supply networks by trenchless methods. *Aktual'nye problemy stroitel'noi otrasli i obrazovaniya: sbornik докладov Pervoi Natsional'noi konferentsii* (Moscow, 30 September 2020). Moscow, 2020. p. 866-870. (In Russ.).
6. Chupin RV. Optimization of developing drainage systems: monograph. Irkutsk: ISTU; 2015. 418 p.
7. 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>.
8. Shevelev FA, Shevelev AF. Tables for hydraulic calculation of water pipes. Reference manual. M.: Publishing House "Bastet", 2014. 382 p.
9. Mokhov AI. Difference between systemic and integrated approaches in scientific research. *Greater Eurasia: Development, Security, Cooperation: Yearbook*. 2019. p. 520-527. (In Russ.).
10. Prodous OA, Shlychov 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>.

11. Shlychkov D. Energy-saving as an integral part of technical and economic efficiency. *Op-cion*. 2019;35(Special Edition24):1626-1636.  
12. Mokhov AI, Dushkin RV. Functional approach to object intellectualization based on complex engineering. *E-Management*. 2020;3(4):13-25. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2020-3-4-13-25>.  
13. 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: sbornik dokladov uchastnikov intellektual'nogo marafona v oblasti vodosnabzheniya i vodootvedeniya sredi molodykh uchenykh, aspirantov i studentov* (Moscow, 9<sup>th</sup> September 2021). Moscow: MISI – MGSU; 2021. p. 56-60. Available from: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa> [Accessed 16<sup>th</sup> September 2021]. (In Russ.).

**Информация об авторах**

**А. А. Малышева,**

доцент, кандидат технических наук,  
доцент кафедры газоснабжения и  
вентиляции,  
Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный  
университет,  
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,  
Россия,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1026-9292>

**И. А. Абросимова,**

преподаватель кафедры автоматизации и  
электроснабжения,  
Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный  
университет,  
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,  
Россия,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4207-4449>

**С. В. Пархоменко,**

заместитель директора – главный инженер,  
Управление капитального строительства  
АО «Мосводоканал»,  
105005, г. Москва, Плетешковский пер., 2,  
Россия,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2514-8629>

**Information about the authors**

**Anna A. Malysheva,**

Associate Professor, Cand. Sci. (Eng.),  
Associate Professor Housing  
and Utility Complex Department,  
Moscow State University of Civil Engineering  
(National Research University),  
26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337,  
Russia,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1026-9292>

**Ivanna A. Abrosimova,**

Lecturer of the Department of Automation and  
Electric Supply,  
Moscow State University of Civil Engineering  
(National Research University),  
26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337,  
Russia,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4207-4449>

**Sergey V. Parkhomenko,**

Deputy Director - Chief Engineer,  
Capital Construction Department of  
Mosvodokanal JSC,  
2 Pleteshkovsky per., Moscow, 105005, Russia,  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2514-8629>

**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.

**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.

Статья поступила в редакцию 18.10.2021.  
Одобрена после рецензирования 19.11.2021.  
Принята к публикации 22.11.2021.

The article was submitted 18.10.2021.  
Approved after reviewing 19.11.2021.  
Accepted for publication 22.11.2021.