

О. А. ПРОДОУС
Д. И. ШЛЫЧКОВ

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОТЕЧНЫХ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ С ОТЛОЖЕНИЯМИ В ЛОТКОВОЙ ЧАСТИ ТРУБ

METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE EFFICIENCY
OF OPERATION OF GRAVITY DRAINAGE NETWORKS
WITH DEPOSITS IN THE TRAY PART OF PIPES

Цель работы: На основе методологических подходов к оценке эффективности эксплуатации самотечных трубопроводов водоотведения из полимерных материалов с отложениями в лотковой части труб разработать последовательность проведения гидравлического расчета труб с отложениями и методику оценки эффективности их эксплуатации по значению гидравлического коэффициента эффективности работы сети.

Методы: На основе разработанной последовательности проведения гидравлического расчета труб водоотведения из полимерных материалов с отложениями в их лотковой части установить порядок расчета значений фактических характеристик гидравлического потенциала полимерных труб, позволяющий рассчитать для приведенного примера значение коэффициента гидравлической эффективности эксплуатации сети, по которому принимается решение о возможности продолжения ее дальнейшей эксплуатации.

Результаты и обсуждение: Анализ значений гидравлических характеристик новых труб и полимерных труб с отложениями в их лотковой части, для приведенного примера, позволил установить существенные расхождения в их значениях. Это позволило рассчитать значение коэффициента гидравлической эффективности работы трубопровода для принятия решения о возможности продолжения дальнейшей эксплуатации.

Заключение: Для конкретных условий задачи разработана последовательность проведения гидравлического расчета труб из полимерных материалов с отложениями в их лотковой части. Предложено провести специальные исследования на трубах из разного вида материалов с отложениями в их лотковой части для установления допустимых значений толщины слоя осадка в лотковой части труб для последующей оценки возможности их дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: сети водоотведения из полимерных материалов, внутренние отложения, гидравлический расчет, коэффициент эффективности работы труб

Purpose: On the basis of methodological approaches to assessing the efficiency of operation of gravity drainage pipelines made of polymer materials with deposits in the tray part of pipes, to develop a sequence of hydraulic calculation of pipes with deposits and a methodology for evaluating the efficiency of their operation by the value of the hydraulic efficiency coefficient of the network.

Methods: Based on the developed sequence of hydraulic calculation of drainage pipes made of polymer materials with deposits in their tray part, establish the procedure for calculating the values of the actual characteristics of the hydraulic potential of polymer pipes, which allows calculating for the example given the value of the coefficient of hydraulic efficiency of network operation, according to which a decision is made on the possibility of continuing its further operation.

Results: Analysis of the values of the hydraulic characteristics of new pipes and polymer pipes with deposits in their tray part, for the example given, allowed us to establish significant discrepancies in their values. This made it possible to calculate the value of the hydraulic efficiency coefficient of the pipeline to make a decision on the possibility of continuing further operation.

Conclusion: For the specific conditions of the task, a sequence of hydraulic calculation of pipes made of polymer materials with deposits in their tray part has been developed. It is proposed to conduct special studies on pipes made of different types of materials with deposits in their tray part to establish acceptable values of the thickness of the sediment layer in the tray part of the pipes for subsequent assessment of the possibility of their further operation.

Keywords: drainage networks made of polymer materials, internal deposits, hydraulic calculation, efficiency coefficient of pipes

Введение

Методологические подходы при оценке эффективности эксплуатации самотечных сетей водоотведения – это совокупность понятий и знаний, которые необходимы специалисту для оценки эффективности эксплуатации трубопроводов систем водоотведения с гидравлической точки зрения. С учетом этого пояснения эффективная эксплуатация самотечных сетей водоотведения возможна только при обоснованных гидравлических значениях фактических характеристик гидравлического потенциала труб – $d_{\text{вн}}^{\phi}$, V_{ϕ} , i_{ϕ} [1].

На рис. 1 показано колебание уровня наполнения трубы с отложениями осадка в ее лотковой части.

Приведенный диаметр трубы водоотведения из любого вида материала – это величина (диаметр), характеризующая (ий) оставшееся пространство между слоем отложений в ее лотковой части и уровнем фактического наполнения в трубе H_r (см. рис. 1).

Значение приведенного диаметра $d_{\text{пр}}$ определяется по формуле [3]:

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{d_{\text{вн}}^2 - (d_{\text{вн}}^{\phi} - h)^2}, \text{ м}, \quad (1)$$

где $d_{\text{пр}}$ – приведенный внутренний диаметр, величина (диаметр), характеризующая оставшееся пространство для пропускa заданного расхода q , м;

$d_{\text{вн}}^{\phi}$ – фактический внутренний диаметр трубы с учетом толщины слоя отложений в лотковой части h :

$$d_{\text{вн}}^{\phi} = (d_{\text{н}} - 2S_p) - h, \text{ м}.$$

Наиболее распространенные виды материалов труб для самотечных сетей водоотведения в России – это:

- железобетон;
- асбестоцемент;
- керамика;
- полиэтилен;
- поливинилхлорид;
- стеклопластик;
- полипропилен и др.

Сети водоотведения в процессе их жизненного цикла «Эксплуатация» при определенных гидравлических условиях способны покрываться разным слоем осадка в лотковой части труб из перечисленных материалов, как показано на рис. 2.

Методы

Механизм образования слоя осадка в лотковой части труб описан в работе [2] и зависит, прежде всего, от скорости самотечного потока сточной жидкости. Характерной особенностью механизма образования слоя отложений в лотковой части труб из приведенных материалов

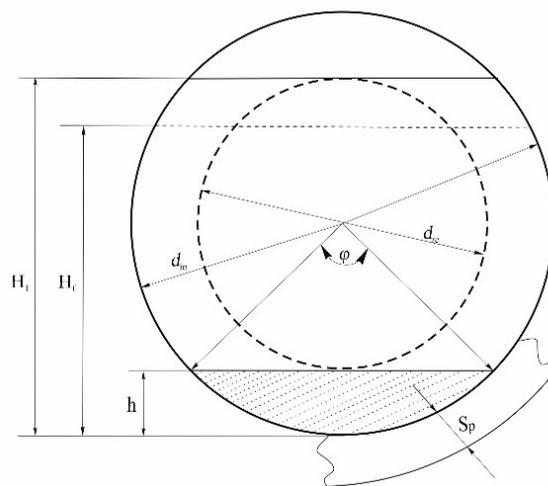


Рис. 1. Колебание уровня наполнения трубы с отложениями осадка в лотковой части:

H_1 – уровень сточной жидкости, согласно требованиям СП 3213330.2012, м;
 H_r – уровень фактического наполнения, обусловленный наличием слоя осадка h в лотковой части трубы, м;
 h – толщина слоя осадка, м; $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубы, м; $d_{\text{пр}}$ – приведенный диаметр трубы, м;
 S_p – толщина стенки трубы по ГОСТ 54475 – 2011, м

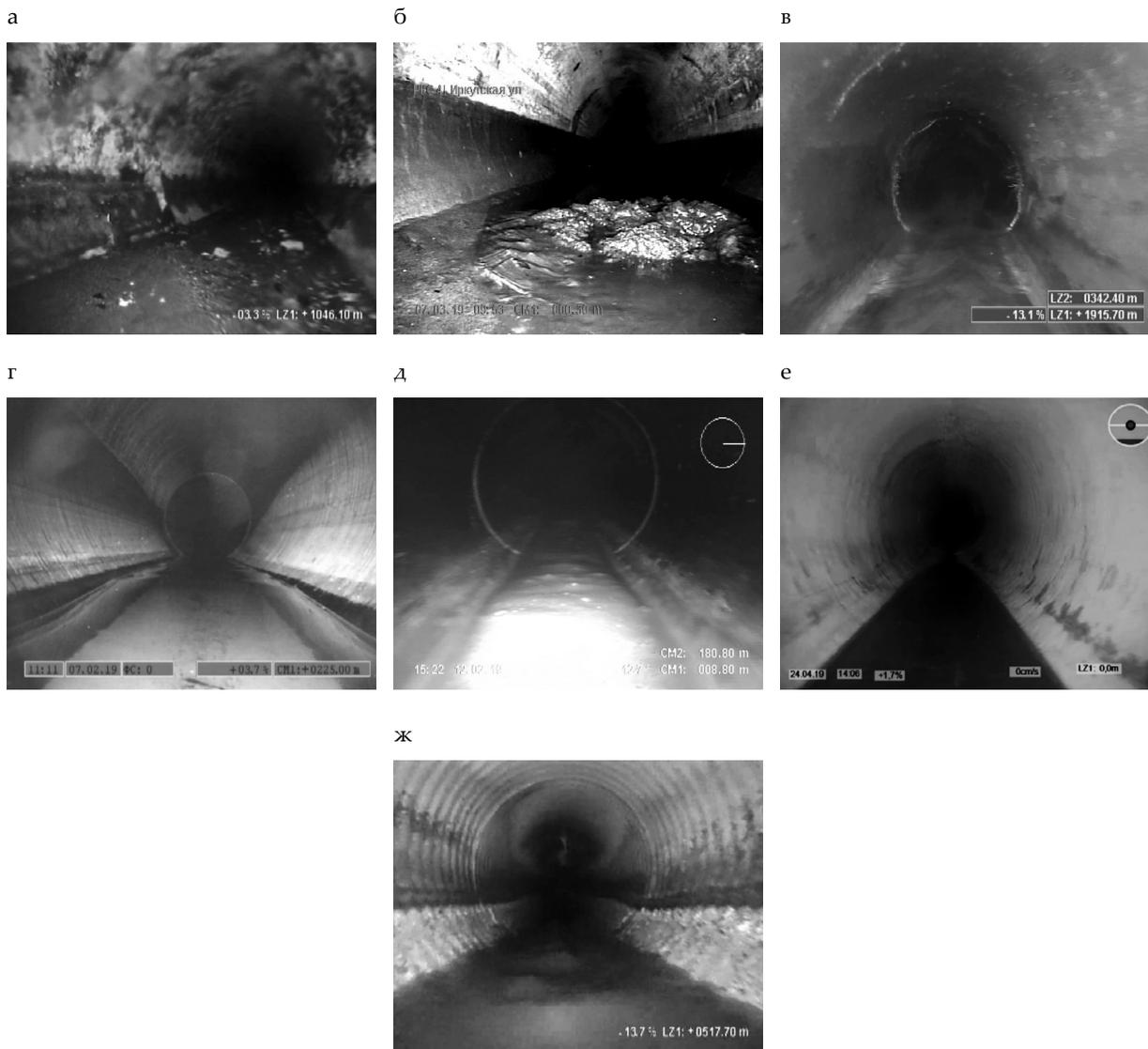


Рис. 2. Фрагменты отложений в лотковой части труб из разного вида материалов:
 а – трубы из железобетона 700 мм; б – трубы из асбестоцемента 456 мм; в – трубы из керамики 150 мм;
 г – трубы из полиэтилена 900 мм; д – трубы из поливинилхлорида 200 мм;
 е – трубы из стеклопластика 500 мм; ж – трубы из полипропилена

является то, что слой осадка всегда образуется в трубах из любых возможных видов материалов. Однако его фактическая толщина зависит только от вида материала труб (см. рис. 2). Установлено, что только для металлических водопроводных труб из стали и серого чугуна характерно образование слоя внутренних отложений на внутренних стенках труб [3]. В водопроводных трубах из других видов материалов внутренние отложения на стенках труб – практически не зафиксированы.

Наличие слоя отложений в лотковой части труб сетей водоотведения из разных видов материала труб вызывает изменение фактической

скорости движения самотечного потока, что приводит к изменению значений фактических характеристик гидравлического потенциала труб – $d_{\text{вн}}^{\Phi}$, V_{Φ} , i_{Φ} и, как следствие, к изменению фактического уровня наполнения в трубопроводе [3, 4].

Результаты и обсуждение

Проведем на конкретном примере оценку эффективности эксплуатации сети водоотведения из полипропиленовых гофрированных труб, характеристики которых взяты из каталога «Трубы и детали трубопроводов из полипропилена» трубного завода «Икапласт», Санкт-Петербург [6].

Порядок выполнения гидравлических расчетов характеристик полипропиленовых труб указан в Инструкции [6], в которой также приведены «Таблицы для гидравлического расчета» значений q , V и i по заданным значениям степени пополнения труб $H_1 / d_{\text{вн}}$ (см. рис. 1).

Последовательность проведения гидравлического расчета безнапорных самотечных трубопроводов из любых видов полимерных материалов с внутренними отложениями в лотковой части труб следующая:

1. Определяют значение фактического внутреннего диаметра труб с отложениями в лотковой части (см. рис. 1):

$$d_{\text{вн}}^{\Phi} = (d_{\text{н}} - 2S_{\text{п}}) - h, \text{ м.} \quad (2)$$

2. Вычисляют по формуле (1) значение приведенного диаметра труб $d_{\text{пр}}$.

3. Рассчитывают значение приведенной скорости потока $V_{\text{пр}}$:

$$V_{\text{пр}} = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot (d_{\text{пр}})^2}, \text{ м/с,} \quad (3)$$

где q – заданный расход сточной жидкости, м³/с.

4. Вычисляют значение приведенного гидравлического уклона:

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

где C – коэффициент А.Шези, определяемый по формуле [8]:

$$C = \frac{R_{\text{пр}}^y}{n}, \quad (5)$$

$R_{\text{пр}}$ – приведенный гидравлический радиус труб, м;

$$R_{\text{пр}} = \frac{d_{\text{пр}}}{4}, \text{ м;} \quad (6)$$

y – указатель степени, уточненный акад. Н.Н. Павловым, определяемый по формуле

$$y = 1,5\sqrt{n}; \quad (7)$$

n – коэффициент шероховатости стенок труб, принимаемый для расчетов значения [7]:

$$n = 0,012 - 0,014.$$

Согласно приведенной последовательности, проведем гидравлический расчет поли-

пропиленовых труб с отложениями для условий следующей задачи [9–12].

Условия задачи

По трубопроводу из полипропиленовых гофрированных труб с внутренним диаметром $d_{\text{н}} = 200$ мм, $d_{\text{вн}} = 173,5$ мм, SN 16, транспортируется расход стоков $q = 35,5$ л/с (0,0355 м³/с). Трубопровод проложен с уклоном $i = 0,008$. Принять значение коэффициента эквивалентной шероховатости труб – $K_{\text{э}} = 0,02$ мм ($\alpha = 0,258$). Рассчитать значения фактических характеристик гидравлического потенциала полипропиленовых труб ($d_{\text{вн}}^{\Phi}$, $V_{\text{вн}}^{\Phi}$, $i_{\text{вн}}^{\Phi}$) при наполнении $H / d_{\text{вн}} = 0,6$, если толщина слоя отложений в лотковой части труб $h = 5,0$ мм (0,005 м). Температура стоков

$$t = 14 \text{ °С} - v = 1,17 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с.}$$

Оценить эффективность работы сети из полипропиленовых труб с отложениями.

Решение

1. По формуле (2) определяют значение $d_{\text{вн}}^{\Phi} = (d_{\text{н}} - 2C_{\text{п}}) - h$, м:

$$\begin{aligned} d_{\text{вн}}^{\Phi} &= (0,200 - 2 \cdot 0,0265) - 0,005 = \\ &= (0,200 - 0,053) - 0,005 = \\ &= 0,147 - 0,005 = 0,142 \text{ м.} \end{aligned}$$

2. По формуле (1) рассчитывают значение $d_{\text{пр}}$:

$$\begin{aligned} d_{\text{пр}} &= \sqrt{0,1735^2 - (0,142 - 0,005)^2} = \\ &= \sqrt{0,0301 - 0,0188} = \sqrt{0,0113} = \\ &= 0,106 \text{ м.} \end{aligned}$$

3. По формуле (3) рассчитывают значение $V_{\text{пр}}$:

$$V_{\text{пр}} = \frac{4 \cdot 0,0355}{3,14 \cdot 0,106^2} = \frac{0,142}{0,0353} = 4,0 \text{ м/с.}$$

4. По формуле (5), с учетом формулы (7), рассчитывают значение коэффициента А. Шези – C :

$$\begin{aligned} C &= \frac{\left(\frac{0,1735}{4}\right)^y}{0,013} = \frac{0,0434^{0,171}}{0,013} = \frac{0,5848}{0,013} = 44,98 \\ y &= 1,5\sqrt{0,013} = 1,5 \cdot 0,114 = 0,171. \end{aligned}$$

5. По формуле (4) рассчитывают значение приведенного уклона $i_{\text{пр}}$:

$$i_{\text{пр}} = \frac{4 \cdot 4,0^2}{73,38^2 \cdot 0,106} = \frac{64,0}{570,77} = 0,11213 \text{ м/м.}$$

6. Сравнивают значения гидравлических характеристик новых труб и труб со слоем осадка в лотковой части $h = 0,005$ м (табл. 1).

Согласно требованиям СП 399.1325800.2018 «Системы водоснабжения и канализации наружные из полимерных материалов» [6], значение λ определяется по формуле, имеющей вид:

$$\lambda = 0,2 \left(\frac{K_s}{d_{np}} \right)^\alpha, \quad (8)$$

где K_s – эмпирический безразмерный коэффициент. В отечественной практике проектирования трубопроводов из полимерных материалов принимается равным $K_s = 0,02$ мм ($\alpha = 0,258$); α – показатель степени, зависящий от величины значения K_s .

Таблица 1

Сравнение значений гидравлических характеристик ПП труб

Гидравлические характеристики полипропиленовых труб диаметром 200 мм				
Новые трубы $d_{вн} = 0,173,5$ м				
$d_{вн},$ м	$V,$ м/с	C	λ^*	$i,$ м/м
0,1735	1,5	44,98	0,01927	0,00741
Трубы с толщиной слоя осадка в лотковой части $h = 0,005$ м				
$d_{np},$ м	$V_{np},$ м/с	C	λ	$i_{np},$ м/м
0,106	4,0	41,35	0,02189	0,35312
Процент расхождения значений сравниваемых характеристик труб, %				
38,9	62,5	8,07	11,97	97,9

λ^* – безразмерный коэффициент гидравлического сопротивления по длине трубопровода

Приведенный гидравлический уклон трубопровода i_{np} с отложениями в лотковой части труб определяется по формуле Дарси-Вейсбаха, регламентированной требованиями СП 32.13330.2018:

$$i_{np} = \lambda \frac{V_{np}^b}{2q \cdot 4R_{np}}, \quad \text{м/м}, \quad (9)$$

где b – безразмерный показатель степени, характеризующий режим турбулентного течения жидкости – переходный ($b < 2$) или квадратичный ($b = 2$). При $b > 2$ следует принимать $b = 2$; q – ускорение свободного падения, м/с²; R_{np} – фактический (приведенный) гидравлический радиус потока, м,

$$R_{np} = \frac{d_{np}}{4}. \quad (10)$$

Значение R_{np} принимается по СП 399.1325800.2018 (приложение Б1) в зависимости от значения фактического наполнения труб $\frac{H_r}{d_{np}}$ (см. рис. 1);

d_{np} – приведенный диаметр труб, м (формула (1)).

Заключение

Сравнение значений характеристик гидравлического потенциала новых полипропиленовых труб и труб с толщиной слоя осадка h показыва-

ет, что даже при небольшой толщине слоя осадка $h = 0,005$ м имеют место существенные расхождения в значениях фактических характеристик гидравлического потенциала труб (см. табл. 1). Поэтому требуется проведение оценки эффективности эксплуатации сетей водоотведения с внутренними отложениями в лотковой части труб с гидравлической точки зрения [1, 3, 4, 7, 8]. Такая оценка производится по разработанной авторами методике оценки, по значению величины гидравлического коэффициента эффективности эксплуатации трубопроводов из полимерных материалов, определяемого для самотечных труб по формуле, имеющей вид [1, 13]:

$$K_{эф} = \frac{(d_{вн}^p)^2 \cdot V_p \cdot i_p}{(d_{np})^2 \cdot V_{np} \cdot i_{np}}, \quad (11)$$

где $K_{эф}$ – безразмерный коэффициент гидравлической эффективности эксплуатации самотечной сети водоотведения, изменяющийся в диапазоне значений $0 \leq K_s \leq 1$. Чем больше значение K_s , тем меньше толщина слоя внутренних отложений h в лотковой части труб (см. рис. 1); $d_{вн}^p, V_p, i_p$ – значения расчетных характеристик гидравлического потенциала новых труб по проекту; $d_{np}^p, V_{np}^p, i_{np}^p$ – приведенные (фактические) значения тех же характеристик с толщиной фактического (измеренного) слоя осадка h в лотковой части труб.

Для приведенного примера значение $K_{эф}$ составит:

$$K_{эф} = \frac{0,1735^2 \cdot 1,5 \cdot 0,00741}{0,106^2 \cdot 4,0 \cdot 0,35312} = \frac{0,00033}{0,01587} = 0,02.$$

Значение $K_{эф} = 0,02$ для приведенных условий задачи означает в соответствии с Рекомендациями [13] следующее (табл. 2).

Так как для приведенного примера $K_{эф} = 0,02$, то, согласно данным табл. 2, сеть водоотведения из полипропиленовых гофрированных труб с толщиной слоя осадка в их лотковой части $h = 0,005$ м – **эксплуатировать недопустимо**.

Таблица 2

Диапазон значений $K_{эф}$	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

Таким образом, на основании приведенных данных в табл. 2 можно сделать следующие **выводы**:

1) установлен порядок проведения гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения из полимерных материалов с отложениями в лотковой части труб;

2) для приведенного примера рассчитано значение коэффициента гидравлической эффективности работы сети $K_{эф}$ из полипропиленовых труб с отложениями в их лотковой части;

3) по величине значения $K_{эф}$ дана оценка возможности продолжения дальнейшей эксплуатации сети из полипропиленовых труб;

4) требуется проведение специальных научно-исследовательских работ на трубах из разного вида материалов для разработки допустимых значений толщины слоя осадка в их лотковой части h для последующей оценки эффективности эксплуатации сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Продоус О.А., Иващенко В.В., Мурлин А.А. Оценка эффективности эксплуатации сетей водоснабжения и водоотведения из полимерных и металлополимерных материалов // *Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Технологии очистки воды» ТЕХНОВОД-2021*. Сочи, Красная Поляна, 2021. С. 118–122.

2. 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.

3. Продоус О.А., Штилов А.А., Якубчик П.П. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями. 1-е изд. СПб. – М., 2021. 238 с.: ил.

4. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Зависимость фактической скорости потока в самотечных сетях водоотведения от толщины слоя отложений в лотковой части труб // *Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Технологии очистки воды» ТЕХНОВОД-2021*. Сочи, Красная Поляна, 2021. С. 101–104.

5. Продоус О.А., Шлычков Д. И., Пархоменко С.В. Обоснование допустимого уровня наполнения в трубах самотечных сетей водоотведения // *Сборник докладов участников XVII Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С.В. Яковлева / НИУ МГСУ*. М., 2022. С. 85–95.

6. Инструкция по проектированию и монтажу наружных сетей водоотведения и полипропиленовых гофрированных труб SN8, SN10 и SN16. СПб., 2015. 65 с.: ил.

7. Продоус О. А. , Шлычков Д.И., Абросимова И.А. Обоснование необходимости проведения гидродинамической очистки самотечных сетей водоотведения // *Вестник МГСУ*. 2022. Т.17, вып.1. С. 106–114. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.1.

8. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Прогнозирование возможности продолжения эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. Иркутск, 2021. Т11, № 4. С. 646–653. DOI: 10.21285/2227-2917-2021-4-646-653.

9. Чупин Р.В. Оптимизация развивающихся систем водоотведения: монография. Иркутск: Иркут. гос. техн. ун-т, 2015. 418 с.: ил.

10. СП 399.1325800.2018. Системы водоснабжения и канализации наружные из полимерных материалов. Правила проектирования и монтажа. М.: Стандартинформ, 2018.

11. 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. DOI: 10/21285/2227-2917-2021-3-462-469.

12. Продоус О.А., Шлычков Д.И. Прогнозирование возможности продолжения эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. Иркутск, 2021. Т11, № 4. С. 646–653. DOI: 10.21285/2227-2917-2021-4-646-653.

13. Рекомендации по реконструкции неновых металлических трубопроводов из стали и серого чугуна / О.А. Продоус, М.Г. Новиков, Д.И. Шлычков, Г.А. Самбурский, А.А. Шипилов, Л.Д. Терехов, П.П. Якубчик, В.А. Чесноков. СПб. – М., 2021. 36 с.: ил.

REFERENCES

1. Prodous O. A., Ivashchenko V.V., Murlin A.A. Evaluation of the efficiency of operation of water supply and sanitation networks made of polymer and metal polymer materials. *Materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Tekhnologii ochestki vody» TECHNOVOD-2021* [Materials of the XIII International Scientific and Practical Conference «Water purification Technologies» TECHNOVOD-2021]. Sochi, 2021, pp. 118-122. (in Russian)

2. Prodous O. A., Shlychkov D.I. The mechanism of formation of a layer of deposits in the tray part of pipes of gravity drainage networks. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo* [Scientific and theoretical journal Izvestia of higher educational institutions. «Construction»], 2021, no. 6 (750), pp. 95-100. (in Russian)

3. Prodous O.A., Shipilov A.A., Yakubchik P.P. *Tablicy dlya gidravlicheskogo rascheta vodoprovodnykh trub iz. 1-e izd.* [Tables for hydraulic calculation of water pipes made of steel and gray cast iron with internal deposits. Reference manual 1st edition]. St. Petersburg – Moscow, 2021. 238 p.

4. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Dependence of the actual flow rate in gravity drainage networks on the thickness of the sediment layer in the tray part of the pipes. *Materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Tekhnologii ochestki vody» TECHNOVOD-2021* [Materials of the XIII International Scientific and Practical Conference «Water Purification Technologies» TECHNOVOD-2021]. Sochi, 2021, pp. 101-104. (in Russian)

5. Prodous O.A., Shlychkov D. I., Parkhomenko S.V. Justification of the permissible level of filling in pipes of gravity drainage networks. *Sbornik dokladov uchastnikov XVII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati akademika RAN S.V. Yakovleva* [Collection of reports of the participants of the XVII International Scientific and Technical Conference dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences S.V. Yakovlev]. Moscow, 2022, pp. 85-95. (in Russian)

6. *Instrukciya po proektirovaniyu i montazhu naruzhnykh setej vodootvedeniya i polipropilennykh gofrirovannykh trub SN8, SN10 i SN16* [Instructions for the design and installation of outdoor drainage networks and polypropylene corrugated pipes SN8, SN10 and SN16]. Saint Petersburg: Publishing house «Ikaplast», 2015. –65 p.

7. Prodous O. A., Shlychkov D.I., Abrosimova I.A. Justification of the need for hydrodynamic cleaning of gravity drainage networks. *Vestnik MGSU*, 2022, vol. 17, no. 1, pp. 106-114. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.1.

8. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Forecasting the possibility of continuing operation of gravity drainage networks with deposits in the tray part of pipes. *Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* [Izvestiya vuzov. Investments. Construction. Real Estate 2021], vol. 11, no. 4, pp. 646-653. (in Russian) DOI: 10.21285/2227-2917-2021-4-646-653

9. Chupin R.V. *Optimizaciya razvivayushchih sistem vodootvedeniya: monografiya* [Optimization of developing wastewater disposal systems. Monograph]. Irkutsk, Publishing House of Irkutsk State Technical University, 2015. 418 p.

10. SP 399.1325800.2018. *Sistemy vodosnabzheniya i kanalizacii naruzhnye iz polimernykh materialov. Pravila proektirovaniya i montazha* [SP 399.1325800.2018 External water supply and sewerage systems made of polymer materials. Rules of design and installation]. Moscow: Standartinform, 2018.

11. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Comparative analysis of computational dependencies for hydraulic calculation of gravity drainage networks. *Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* [Izvestiya vuzov. Investments. Construction. Real Estate], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 462-469. (in Russian) (in Russian) DOI: 10/21285/2227-2917-2021-3-462-469

12. Prodous O.A., Shlychkov D.I. Forecasting the possibility of continuing operation of gravity drainage networks with deposits in the tray part of pipes. *Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'* [Izvestiya vuzov. Investments. Construction. Real Estate], 2021, vol. 11, no. 4, pp. 646-653. (in Russian) DOI: 10.21285/2227-2917-2021-4-646-653

13. Prodous O.A., Novichkov M.G., Shlychkov D.I., Samburskii G.A., Shipilov A.A., Terekhov L.D., Yakubchik P.P., Chesnokov V.A. *Rekomendacii po rekonstrukcii nenovykh metallicheskih truboprovodov iz stali i serogo chuguna* [Recommendations for the reconstruction of non-new metal pipelines made of steel and gray cast iron]. Saint Petersburg-Moscow, 2021. 36 p.

Об авторах:

ПРОДОУС Олег Александрович

доктор технических наук, профессор,
генеральный директор ООО «ИНКО-эксперт»
190005, Россия, г. Санкт Петербург, Московский пр.,
37/1, лит. А, пом. 1-Н
E-mail: pro@enco.su
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0389-3695>

PRODOUS Oleg A.

Doctor of Science, Professor
General Director of INKO-expert LLC
190005, Russia, Saint Petersburg,
Moskovskii Av., 37/1, lit. A, of. 1-H
E-mail: pro@enco.su
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0389-3695>

ШЛЫЧКОВ Дмитрий Иванович

кандидат технических наук, доцент
Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
E-mail: ShlyichkovDI@mgsu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0210-2695>

SHLYICHKOV Dmitrii I.

PhD in Engineering Science, Associate Professor
Moscow State University of Civil Engineering (National
Research University)
129337, Russia, Moscow, Yaroslavskoe Shosse, 26
E-mail: ShlyichkovDI@mgsu.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0210-2695>

Для цитирования: 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. С. 34–41. DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.5.

For citation: Prodous O.A., Shlyichkov 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, vol. 12, no. 4, pp. 34–41. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2022.04.5.