

13. Саинова В. Н. Реконструкция сооружений биологической очистки сточных вод с целью интенсификации извлечения биогенных элементов / В. Н. Саинова, И. С. Катков, К. Хунас // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – № 4 (50). – С. 320–326.

14. AbouElmagd A. M. Tannery Wastewater Treatment Using Activated Sludge Process System (Lab Scale Modeling) / A. M. AbouElmagd, M. S. Mahmoud // International Journal of Engineering and Technical Research. – 2014. – № 2 (5). – Pp. 21–28.

15. Faouzi M. Optimisation Du Traitement Biologique Des Effluents Industriels Dans Un Réacteur Séquentiel Discontinu Par Bioaugmentation / M. Faouzi. – 2013. – Pp. 52–54.

16. Патент № 189857 Российская Федерация, МПК C02F 9/14, C02F 3/30, C02F 1/52, B01D 21/02 / Устройство для очистки сточных вод : № 2018142531 ; заявл. 30.11.2018; опубл. 06.06.2019 / В. Н. Саинова, И. С. Катков ; заявитель и патентообладатель Астраханский государственный технический университет. – 7 с.

17. Белова М. А. Практические результаты биотестирования сточных вод / М. А. Белова, И. И. Зайцева // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 1. – С. 23–24.

© В. Н. Саинова, Е. В. Андреева, Д. Лассана

Ссылка для цитирования:

Саинова В. Н., Андреева Е. В., Лассана Д. Исследование эффективной технологии очистки сточных вод кожевенного производства // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 2 (44). С. 24–29.

УДК 628.1.332.621

DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-29-33

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА
ИЗНОШЕННЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ
ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ РАБОТЫ**

О. А. Продоус, П. П. Якубчик, Д. И. Шлычков

Продоус Олег Александрович, доктор технических наук, профессор, генеральный директор, ООО «ИНКО-инжиниринг», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7 (921) 967-27-25; e-mail: pro@enco.su;

Якубчик Петр Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: +7 (921) 346-54-45; e-mail: P.jakub@mail.ru;

Шлычков Дмитрий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: +7 (926) 286-56-54; e-mail: ShlychikovDI@mgsu.ru

В процессе жизненного цикла «Эксплуатация металлических труб из стали и серого чугуна систем водоснабжения и водоотведения» на их внутренней поверхности образуется слой отложений, при этом существенно изменяются гидравлический потенциал изношенных сетей, остаточный период эксплуатации труб, а также энергопотребление насосных агрегатов, транспортирующих питьевую или сточную воды. Целью исследования является разработка методики прогнозирования гидравлических характеристик труб с внутренними отложениями по значению коэффициента эффективности их работы. Используются расчетные зависимости для гидравлического расчета металлических труб, полученные авторами для напорных систем водоснабжения и водоотведения. Подтверждена на конкретном примере зависимость величины значения коэффициента гидравлической эффективности работы стальных и чугунных труб из серого чугуна от толщины слоя отложений на их внутренней поверхности. Предложена методика расчета значений гидравлических характеристик труб с учетом этого коэффициента. Показано на примере, что по величине коэффициента можно прогнозировать значения гидравлического потенциала труб и устанавливать предельно-допустимые величины толщины слоя внутренних отложений, превышение которых обосновывает необходимость проведения гидродинамической очистки их внутренней поверхности.

Ключевые слова: трубы из стали и серого чугуна, гидравлический расчет, внутренние отложения, прогноз значений гидравлических характеристик труб.

**FORECASTING THE CHARACTERISTICS OF THE HYDRAULIC POTENTIAL
OF WORN-OUT WATER SUPPLY AND SANITATION NETWORKS
BY THE EFFICIENCY COEFFICIENT OF THEIR OPERATION**

O. A. Prodous, P. P. Yakubchik, D. I. Shlychkov

Prodous Oleg Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Independent expert, LLC "INKO-engineering", St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7 (921) 967-27-25; e-mail: pro@enco.su;

Yakubchik Petr Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Water Supply, Sanitation and Hydraulics, St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7 (921) 346-54-45; e-mail: P.jakub@mail.ru;

Shlychkov Dmitry Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Water Supply and Sanitation, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, phone: +7 (926) 286-56-54; e-mail: ShlychkovDI@mgsu.ru

During the life cycle of "Operation" of metal pipes made of steel and gray cast iron of water supply and sanitation systems, a layer of deposits forms on their inner surface, while the hydraulic potential of worn-out networks, the residual period of operation of pipes, as well as the energy consumption of pumping units transporting drinking or waste water significantly change. The purpose is to develop a methodology for predicting the hydraulic characteristics of pipes with internal deposits by the value of the hydraulic efficiency coefficient of their operation. Materials and methods: The calculated dependences for the hydraulic calculation of metal pipes obtained by the authors for pressure water supply and drainage systems are used. Results: The dependence of the value of the coefficient of hydraulic efficiency of steel and cast-iron pipes made of gray cast iron on the thickness of the layer of deposits on their inner surface is confirmed by a concrete example. A method for calculating the values of hydraulic characteristics of pipes with this coefficient is proposed. Conclusion: It is shown by example that according to the value of the coefficient of hydraulic efficiency of metal pipes, it is possible to predict the values of their hydraulic potential and set the maximum permissible values of the thickness of the layer of internal deposits, the excess of which justifies the need for hydrodynamic cleaning of the inner surface of the pipes.

Keywords: steel and grey cast iron pipes, hydraulic calculation, internal deposits, forecast of hydraulic characteristics of pipes.

Введение

Установлено, что трубы из стали и серого чугуна в процессе жизненного цикла «Эксплуатация» подвержены образованию на их внутренней поверхности слоя отложений σ . Он изменяет значения характеристик гидравлического потенциала труб ($d_{вн}$, V , i), входящих в расчетную зависимость для определения энергопотребления насосных агрегатов $N_{дв}$, имеющую вид [1, 2]:

$$N_{дв}^{р(ф)} = 10^6 \cdot i_{р(ф)} \cdot (d_{вн}^{р(ф)})^2 \cdot V_{р(ф)} \cdot \frac{0,00808}{\eta}, \text{ кВт/ч, (1)}$$

где $N_{дв}^{р(ф)}$ – расчетное (паспортное) фактическое значение энергопотребления насосного агрегата на момент запуска трубопровода в эксплуатацию ($N_{дв}^p$), на момент проведения оценки ($N_{дв}^ф$), кВт/ч; i_p , $d_{вн}^p$, V_p – значения расчетных (паспортных) характеристик гидравлического потенциала новых труб до их запуска в эксплуатацию; i_f , $d_{вн}^f$, V_f – значения фактических характеристик гидравлического потенциала изношенных труб (с отложениями) на момент оценки; η – КПД насоса, для расчетов принимается значение $\eta = 0,7$ [3].

На рисунке 1 приведен фрагмент внутренних отложений в трубах из стали и серого чугуна (данные АО «Мосводоканал»).

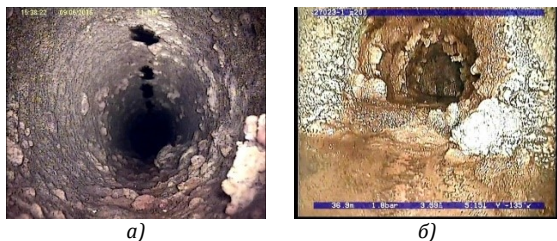


Рис. 1. Фрагмент внутренних отложений: а) в трубах из стали и б) серого чугуна

Авторами установлена зависимость периода (Т) остаточной продолжительности эксплуатации трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения с внутренними отложениями от значений фактической толщины слоя на внутренних стенках труб (σ_f), то есть

$$T = f(\sigma_f).$$

Предложен критерий оценки эффективности работы трубопроводов $K_{эф}$, с учетом которого рассчитывается период остаточной продолжительности эксплуатации трубопровода Т [4].

Вместе с тем, до настоящего времени отсутствует методика прогнозирования энергопотребления насосных агрегатов, установленных в трубопроводах с изменяющейся во времени толщиной фактического слоя внутренних отложений σ_f .

Материалы и методы

Для разработки такой методики потребуется:

- разработать и гидравлически обосновать шкалу предельно допустимых значений фактической толщины слоя σ_f на внутренних стенках труб;
- разработать методику и предложить средства контроля значений σ_f в процессе жизненного цикла труб «Эксплуатация»;
- установить периодичность контроля значений σ_f по разработанной методике для всего сортамента труб из стали и серого чугуна;
- предложить критерий оценки изменений значений фактического энергопотребления насосных агрегатов $N_{дв}^ф$, учитывающий толщину фактического слоя внутренних отложений σ_f (рис. 1).

В работах авторов, опубликованных по данной теме, предложено использовать для такой оценки коэффициент гидравлической эффективности работы трубопроводов с внутренними отложениями $K_{эф}$, определяемый по формуле [1, 3, 4]:

$$K_{эф} = \frac{N_{дв}^p}{N_{дв}^ф} = \frac{(d_{вн}^p)^2 \cdot V_p \cdot i_p}{(d_{вн}^ф)^2 \cdot V_f \cdot i_f}. \quad (2)$$

Диапазон изменения значений $K_{эф}$ от 1 (новые трубы) до 0,01 (трубы с большой толщиной слоя отложений σ_f). Чем меньше значение σ_f , тем больше значение $K_{эф}$ и тем меньше фактическое значение энергопотребления насоса $N_{дв}^ф$ [5].

Результаты

Условия задачи

По трубопроводу с наружным диаметром $d_{вн} = 0,219$ м (219 мм) из стальных электросварных труб транспортируется к потребителю расход $q = 30,0$ л/с (0,03 м³/с). Толщина слоя

внутренних отложений $\sigma_\phi = 10$ мм (0,01 м). Толщина стенки трубы по ГОСТ $S_p = 7,0$ мм (0,007 м).

Требуется произвести гидравлический расчет характеристик гидравлического потенциала стальных труб, согласно условиям задачи, и построить график, характеризующий изменение энергопотребления насосного агрегата в трубах с разной толщиной слоя отложений σ_ϕ . Для заданных условий спрогнозировать предельно допустимое значение σ_ϕ^{np} .

Решение

1. Определяют по формуле (1) значение фактического внутреннего диаметра труб $d_{вн}^\phi$, согласно заданным условиям задачи:

$$d_{вн}^\phi = (d_n - 2 \cdot S_p) - 2\sigma_\phi, \text{ м}; \quad (3)$$

$$d_{вн}^\phi = (0,219 - 2 \cdot 0,007) - 2 \cdot 0,01 = 0,185 \text{ м}.$$

2. Находят по формуле (2) значение фактической скорости V_ϕ при $d_{вн}^\phi = 0,185$ м:

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

$$V_\phi = \frac{4 \cdot 0,03}{3,14 \cdot 0,185^2} = 1,12 \text{ м/с}.$$

3. Рассчитывают по формуле (3) значение фактического гидравлического уклона i_ϕ (удельные фактические потери напора по длине) [6]:

$$i_\phi = 0,00107 \frac{V_\phi^2}{(d_{вн}^\phi)^{1,3}}, \text{ м/м}; \quad (5)$$

$$i_\phi = 0,00107 \frac{1,12^2}{0,185^{1,3}} = 0,01204 \text{ м/м}.$$

4. Определяют прогнозные значения характеристик гидравлического потенциала труб диаметром $d_n = 0,219$ м для толщины слоя внутренних отложений, изменяющейся в диапазоне значений от $\sigma_\phi = 0,002$ м (2,0 мм) до $\sigma_\phi = 0,02$ м (20,0 мм). Результаты расчета прогнозных значений характеристик труб сводят в таблице 1.

Таблица 1

Прогнозные значения гидравлических характеристик стальных труб диаметром $d_n = 219$ мм

Толщина слоя внутренних отложений $\sigma, \text{ м}$	Значения фактических характеристик гидравлического потенциала труб			Фактическое энергопотребление насосного агрегата $N_{дв}^\phi, \text{ кВт/ч (1)}$	Коэффициент эффективности работы трубопровода $K_{эф}, \text{ (2)}$
	$d_{вн}^\phi, \text{ м (3)}$	$V_\phi, \text{ м/с (4)}$	$i_\phi, \text{ м/м (5)}$		
0	0,205	0,91	0,00695	3,07	1,0
0,002	0,201	0,95	0,00777	3,44	0,88
0,005	0,195	1,01	0,00914	4,05	0,76
0,010	0,185	1,12	0,01204	5,32	0,58
0,015	0,175	1,25	0,01612	7,12	0,43
0,020	0,165	1,40	0,02182	9,60	0,32

5. Рассчитывают по формуле (6) величину предельно допустимого значения фактической толщины слоя отложений σ_ϕ^{np} :

$$\sigma_\phi^{np} = d_{вн}^\phi - d_{вн}^\phi, \text{ м}; \quad (6)$$

$$\sigma_\phi^{np} = 0,205 - 0,185 = 0,02 \text{ м (2,0 мм)}.$$

6. Находят по формуле (2) (табл. 1) значение $K_{эф}^{np}$, соответствующее значению $\sigma_\phi^{np} = 0,02$ м:

$$K_{эф}^{np} = \frac{N_{дв}^0}{N_{дв}^\phi} = \frac{3,07}{9,60} = 0,32.$$

7. Строят по данным таблицы 1 график зависимости $K_{эф}^{np} = f(\sigma_\phi^{np})$ – (рис. 2) с выделением предельного значения фактической толщины слоя отложений σ_ϕ^{np} .

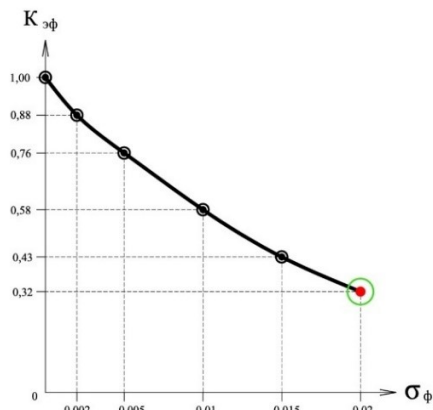


Рис. 2. График зависимости $K_{эф}^{np} = f(\sigma_\phi^{np})$

Заключение

Анализ табличных значений характеристик труб для приведенного примера (табл. 1) и графика (рис. 2) показывает существование предельно допустимого с гидравлической точки зрения значения σ_ϕ^{np} (отмечено на рисунке 2 красным цветом). Значение толщины слоя отложений на внутренней поверхности труб $\sigma_\phi^{np} = 0,02$ м (2,0 мм) означает, что:

1. Во всем диапазоне значений $0 < \sigma \leq 0,020$ м, для приведенного примера, гидравлические характеристики труб находятся в допустимых пределах, характеризуемых значением $K_{эф} = 0,32$, при котором изменение значений характеристик гидравлического потенциала труб в сравнении со значениями для новой трубы (σ) составляет величины, приведенные в таблице 2.

Сравнение значений гидравлических характеристик новых стальных труб диаметром $d_n = 0,219$ м с характеристиками труб при значении $\sigma = 0,020$ м представлено в таблице 2.

2. Большой процент расхождения значений характеристик гидравлического потенциала стальных труб диаметром $d_n = 0,219$ м для приведенного примера свидетельствует о том, что с помощью значения величины коэффициента гидравлической эффективности работы металлических трубопроводов из стали и серого чугуна можно точно установить предельно

допустимое значение толщины слоя внутренних отложений $\sigma_{\text{ф}}^{\text{пр}}$. Поэтому значение $K_{\text{эф}}^{\text{пр}}$ для труб разного диаметра по сортаменту является комплексной гидравлической характеристикой металлических труб из разного вида материалов, а также характеризует диапазон изменения энергопотребления насосных агрегатов $N_{\text{дв}}^{\text{ф}}$, транспортирующих питьевую воду

потребителям. Это означает, что при расчете металлических труб из стали и серого чугуна, кроме расчета значений фактических характеристик гидравлического потенциала труб $d_{\text{вн}}^{\text{ф}}$, $V_{\text{ф}}$ и $i_{\text{ф}}$, всегда следует производить расчет значения предельной величины коэффициента $K_{\text{эф}}^{\text{пр}}$ (формула (2)).

Таблица 2

Значения гидравлических характеристик труб в приведенном примере

Новых					С предельной толщиной слоя внутренних отложений $\sigma_{\text{ф}}^{\text{пр}}$				
$d_{\text{вн}}^0$	V^0 , м/с	i_0	$N_{\text{дв}}^0$, кВт/ч	$K_{\text{эф}}^0$	$d_{\text{вн}}^{\text{ф}}$, м	$V_{\text{ф}}$, м/с	$i_{\text{ф}}$, м/м	$N_{\text{дв}}^{\text{ф}}$, кВт/ч	$K_{\text{эф}}^{\text{пр}}$
0,205	0,91	0,00695	3,07	1,0	0,165	1,40	0,02182	9,60	0,32
Процент расхождения значений характеристик труб, %									
-	-	-	-	-	19,51	53,85	68,15	68,02	32,0

На основе представленных в статье материалов, следует предположить, что значения $K_{\text{эф}}^{\text{пр}}$ для труб из разного вида материалов и разного диаметра будут отличаться. Поэтому требуется проведение специальных научно-исследовательских работ, результатом которых будет разработка шкалы предельных значений толщины слоя внутренних отложений $\sigma_{\text{ф}}^{\text{пр}}$ для всего сортамента металлических труб по ГОСТ для стальных труб и труб из серого чугуна.

Данное действие позволит по значениям величины $\sigma_{\text{ф}}^{\text{пр}}$:

- разработать методику обоснования необходимости проведения гидродинамической очистки сетей водоснабжения и водоотведения из стальных труб и серого чугуна;

- в процессе жизненного цикла труб «Эксплуатация» учитывать изменение энергопотребления насосно-силового оборудования и предусматривать меры, обеспечивающие снижение значений $N_{\text{дв}}^{\text{ф}}$ в зависимости от значения величины $\sigma_{\text{ф}}^{\text{пр}}$, вплоть до замены насосных агрегатов на новые;

- минимизировать при проектировании сетей водоснабжения и водоотведения использование металлических труб из стали и серого чугуна, как не обеспечивающих в процессе эксплуатации сетей постоянства значений характеристик гидравлического потенциала труб $d_{\text{вн}}^{\text{ф}}$, $V_{\text{ф}}$, $i_{\text{ф}}$ и величины энергопотребления насосно-силового оборудования $N_{\text{дв}}^{\text{ф}}$.

Список литературы

1. Продоус О. А. Гидравлический критерий обоснования необходимости разработки проектов реконструкции водопроводных сетей из металлических труб / О. А. Продоус, А. А. Шипилов // Водные системы и технологии. – 2020. – № 1. – С. 26–31. – Режим доступа: <https://cloud.mail.ru/public/xeyp/gxLhGxHET>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
2. Продоус О. А., Шипилов А. А., Якубчик П. П. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями : справочное пособие / О. А. Продоус, А. А. Шипилов, П. П. Якубчик. – Москва : ООО «Перо», 2021. – 238 с.
3. Продоус О. А. Рекомендации по реконструкции неновых металлических трубопроводов из стали и серого чугуна / О. А. Продоус, М. Г. Новиков, Г. А. Самбурский, А. А. Шипилов, Л. Д. Терехов, П. П. Якубчик, В. А. Чесноков. – Москва : ООО «Свое издательство», 2021. – 36 с.
4. Продоус О. А. Влияние толщины слоя внутренних отложений в трубопроводах систем водоснабжения и водоотведения на продолжительность периода их остаточной эксплуатации / О. А. Продоус, Д. И. Шлычков, С. В. Пархоменко, П. П. Якубчик // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17, № 6. – С. 738–746.
5. Шевелев Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб : справочное пособие / Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – 12-е изд., доп. – Москва : Бастет. 2020. – 429 с.
6. Продоус О. А. Зависимость продолжительности использования металлических трубопроводов систем водоснабжения от толщины слоя отложений на внутренней поверхности труб / О. А. Продоус // Яковлевские чтения : сборник докладов XV Международной научно-технической конференции, 19 марта 2020. – Москва : МИСИ – МГСУ, 2020. – С. 113–117.
7. Продоус О. А. Гидравлическое прогнозирование продолжительности использования металлических трубопроводов водоснабжения и водоотведения / О. А. Продоус // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2020. – № 11 (155). – С. 28–32.
8. Продоус О. А. Об изменении значений гидравлических характеристик напорных канализационных коллекторов из стальных и чугунных труб с внутренними отложениями / О. А. Продоус, Д. И. Шлычков // Известия вузов. Строительство. – 2020. – № 12 (744). – С. 70–77.
9. Продоус О. А. Гидравлический критерий обоснования необходимости разработки проектов реконструкции водопроводных сетей из металлических труб / О. А. Продоус, А. А. Шипилов // Водные системы и

технологии. – 2020. – № 1. – С. 26–31. – Режим доступа: <https://cloud.mail.ru/public/xeуP/gxLhGxHET>, свободный.

–
Заглавие с экрана. – Яз. рус.

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

11. Водоснабжение и водоотведение на железнодорожном транспорте : учебник / под ред. проф. В. С. Дикаревского. – 2-е изд., переработ. – Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2009. – 447 с.

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

13. Калицун В. И., Ласков Ю. М. Гидравлика, водоснабжение и канализация : учебное пособие / В. И. Калицун, Ю. М. Ласков. – Москва : Стройиздат, 2000. – 417 с.

14. Чупин Р. В. Оптимизация развивающихся систем водоотведения : монография / Р. В. Чупин. – Иркутск : Иркутский государственный технологический университет, 2015. – 418 с.

15. Мельник Е. А., Рублевская О. Н. Пути решения проблемы энергосбережения в системах водоснабжения и канализации Санкт-Петербурга / Е. А. Мельник, О. Н. Рублевская // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 12. – С. 45–51.

© О. А. Продоус, П. П. Якубчик, Д. И. Шлычков

Ссылка для цитирования:

Продоус О. А., Якубчик П. П., Шлычков Д. И. Прогнозирование характеристик гидравлического потенциала изношенных сетей водоснабжения и водоотведения по коэффициенту эффективности их работы // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 2 (44). С. 29–33.

УДК 691.32:620
DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-33-37

ИСПЫТАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РАСТВОРОВ ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО СЛОЯ БЕТОНА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

И. Н. Гоглев, С. А. Логинова

Гоглев Илья Николаевич, технический специалист направления «Инженерная гидроизоляция и PLANTER», Корпорация «ТЕХНОНИКОЛЬ», г. Москва, Российская Федерация, тел.: +7 (926) 012-97-99; e-mail: azidplumbum00@mail.ru;

Логинова Светлана Андреевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация, тел.: +7 (906) 617-12-27; e-mail: sl79066171227@yandex.ru

В статье рассматривается широко применяемый в практике обследований бетонных и железобетонных строительных конструкций метод фенолфталеиновой пробы. Данный метод эффективен только при $8 \leq \text{pH} \leq 10$ бетона. В связи с этим актуальным является вопрос о расширении границ применения технологии фенолфталеиновой пробы. Одним из решений данной проблемы является модернизация метода, то есть добавление к фенолфталеину других индикаторов в целях определения различных pH зон в бетоне. Авторами статьи предлагается использовать дополнительные растворы кислотно-основных индикаторов ализарина и нейтрального красного. Представлены результаты экспериментов по измерению поверхностного нейтрализованного слоя бетона спиртовыми растворами кислотно-основных индикаторов ализарина и нейтрального красного на бетонных образцах различного возраста и размера.

Ключевые слова: бетон, железобетон, нейтрализация, карбонизация, колориметрический метод, индикаторный метод.

FIELD TESTING OF ALTERNATIVE INDICATOR SOLUTIONS TO DETERMINE THE NEUTRALIZED LAYER OF CONCRETE

I. N. Goglev, S. A. Loginova

Goglev Ilya Nikolayevich, Technical specialist of the Direction "Engineering Waterproofing and PLANTER", TECHNONICOL Corporation, Moscow, Russian Federation, phone: +7 (926) 012-97-99; e-mail: azidplumbum00@mail.ru;

Loginova Svetlana Andreyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation, phone: +7 (906) 617-12-27; e-mail: sl79066171227@yandex.ru