

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ



ОЛЕГ АЛЕКСАНДРОВИЧ ПРОДОУС

Независимый эксперт по водоснабжению и водоотведению, доктор технических наук, профессор, г. Санкт-Петербург.

Сфера научных интересов: напорные и самотечные сети водоснабжения и водоотведения и сооружения на них, строительство, реконструкция и эксплуатация этих сооружений. Очистка природных вод из подземных и поверхностных источников, очистка хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод, дезинфекция природных и сточных вод и сооружений.

За активное участие в разработке по его таблицам и реализации в 2010 году проекта дюкерного перехода из напорных полиэтиленовых труб диаметром 1400 мм протяженностью 1500 м через реку Обь награжден почетной грамотой мэра города Новосибирска. Удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки» Международной академии наук экологии и безопасности



АЛЕКСАНДР АНАТОЛЬЕВИЧ ШЕСТАКОВ

Аспирант кафедры «Водоснабжение и водоотведение»

Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (НИУ МГСУ).

жизнедеятельности и награжден «Звездой Ученого» и орденом «За заслуги в науке».

Опубликовал более 350 научных работ, в том числе 6 монографий и 16 справочных пособий.

Автор более 30 патентов и изобретений.

В статье показано, что гигиеническая безопасность металлических водопроводов неразрывно связана с гидравлической эффективностью их эксплуатации.

Ключевые слова: металлические трубы, внутренние отложения, коэффициент эффективности, гигиеническая безопасность трубопровода.

Качество питьевой воды, транспортируемой по трубам из разного вида материалов — стальным, чугунным (ВЧШГ и серый чугун) и трубам из полимерных материалов (ПНД, ПВХ и стеклопластик), регламентируется требованиями норматива ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая» [1].

Однако в металлических трубах без внутренних покрытий из стали и серого чугуна в процессе жизненного цикла «Эксплуатация» образуются внутренние отложения, как показано на рис. 1:

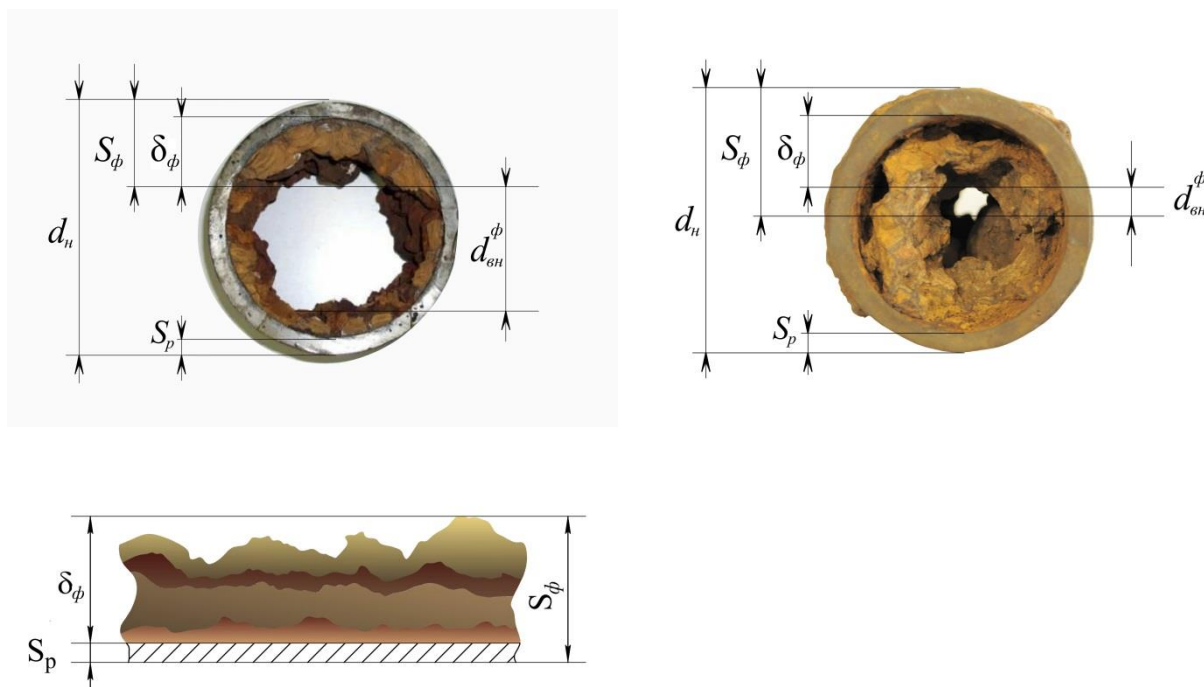


Рис. 1. Внутренние отложения в стальных — а) и чугунных трубах — б),

где:

d_n — наружный диаметр трубы по ГОСТу, м;

S_p — толщина стенки трубы по ГОСТу, м;

S_{ϕ} — фактическая толщина стенки трубы с отложениями, мм (м);

δ_{ϕ} — фактическая толщина слоя отложений, мм (м);

$d_{\text{вн}}^{\phi}$ — фактический внутренний диаметр труб с отложениями, мм (м)

Отложения на внутренней поверхности металлических труб влияют на энергозатраты насосного оборудования, изменяют органолептические характеристики питьевой воды (цветность и др.) и способствуют сокращению периода остаточного использования трубопроводов [2, 3].

Гидравлическая эффективность металлического трубопровода оценивается фактическим внутренним диаметром — $d_{\text{вн}}^{\phi}$ с учетом толщины слоя отложений, V_{ϕ} — фактической скоростью потока и значением фактических потерь напора i_{ϕ} (гидравлического уклона) на преодоление сопротивлений по длине [4].

Исследованиями влияния внутренних отложений в металлических водопроводных трубах на гидравлическую эффективность трубопроводов занимается коллектив ученых, возглавляемых профессором О. А. Продоусом.

В процессе жизненного цикла «Эксплуатация» металлические трубы (сталь, серый чугун), согласно действующим «Правилам технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест», подвергаются гидродинамической очистке внутренней поверхности труб машинами, обеспечивающими высокое давление на выходе струи воды из специальной насадки на шланг, подключенный к насосу высокого давления, соединенного с емкостью питьевой воды [5]. Способ гидродинамической очистки самотечных сетей водоотведения от внутренних отложений в лотковой части труб широко используется в процессе их эксплуатации в разных регионах страны. Однако в зависимости от толщины слоя отложений на внутренних стенках труб и его структуры график промывки сетей водоснабжения будет меняться. Этим вопросом также занимается коллектив, возглавляемый О. А. Продоусом.

Поэтому организации, эксплуатирующие сети водоснабжения, работают по принципу «от аварии до аварии», что в принципе — неверно. Металлические сети водоснабжения с внутренними отложениями (рис. 1), кроме дополнительных энергозатрат насосного оборудования на преодоление, за счет сопротивлений слоя отложений по длине имеют одну проблему — гигиеническую — **возможное вторичное загрязнение питьевой воды** продуктами (организациями), выделяемыми из слоя отложений при транспортировании чистой питьевой воды к потребителям. Этот вопрос также никем и никогда не поднимался.

Существует три способа обеспечения эффективного эксплуатационного состояния металлических водопроводных сетей:

- механическая (скребковая) очистка внутренней поверхности труб с помощью специальных снарядов и устройств [6];

- химическое воздействие на внутреннюю поверхность труб с помощью реагентов нового поколения на структуру внутренних отложений [7];
- мембранное фильтрование всего объема воды через специальные фильтры [8].

Характеризуя каждый из трех приведенных способов, следует отметить следующее.

Первый способ — механическая очистка внутренней поверхности труб хотя и дает видимый результат, но после его применения по данным организаций, эксплуатирующих водопроводные сети, резко возрастает интенсивность последующих отложений на внутренней поверхности очищенных труб.

Второй способ — химическое воздействие на структуру слоя внутренних отложений растворенным в транспортируемой воде, например, реагентом нового поколения на основе полигексаметиленгуанидина гидрохлорида (ПГМГ-ГХ), позволяющего повысить эффективность очистки исходной воды и продлить период остаточного использования изношенных водопроводных сетей [7]. Двенадцатилетний опыт применения реагента ПГМГ-ГХ и МУП «Водоканал города Череповца» убедительно свидетельствует об этом [2, 7, 9].

Третий способ — мембранное фильтрование — достаточно эффективен, но и достаточно дорог для использования. Такой способ должен применяться при явно выраженном наличии вторичного загрязнения питьевой воды, что весьма сложно.

Гидравлическая эффективность эксплуатации металлических водопроводных сетей, как фактор, влияющий на продолжительность их работы, характеризуется значением безразмерного коэффициента эффективности трубопровода $K_{эф}$, который определяется по формуле:

$$K_{эф} = \frac{d_{ен}^p \cdot V_p \cdot i_p}{d_{ен}^ф \cdot V_ф \cdot i_ф}, \quad (1)$$

где: $d_{ен}^p$, V_p , i_p — значения расчетных (паспортных) характеристик гидравлического потенциала новых труб на момент запуска трубопровода в эксплуатацию;

$d_{ен}^ф$, $V_ф$, $i_ф$ — значения фактических характеристик гидравлического потенциала изношенных труб (с отложениями) на момент проведения оценки.

Значения этих характеристик рассчитывают после измерения значений $d_{ен}^ф$ с помощью отечественных сертифицированных переносных ультразвуковых расходомеров с накладными датчиками, например, АКРОН-01 [7].

Значение $i_ф$ определяют по справочному пособию «Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб из стали и серого чугуна с внутренними отложениями» [10]. Значение i_p для новых труб вычисляют по эмпирической формуле профессора Ф. А. Шевелева, имеющей вид:

$$i_p = 0,00107 \frac{V_p^2}{(d_{ен}^p)^2}, \quad (2)$$

где: V_p — расчетная скорость воды в новых трубах, м/с, определяемая по заданному расходу q , по формуле:

$$V_p = \frac{4 \cdot q}{\pi (d_{вн}^2)}; \quad (3)$$

q — заданный расход, м³/с (л/с);

$$d_{вн} = (d_n - 2S_p) - 2 \cdot \delta, \quad (4)$$

где δ — толщина слоя отложений, мм (м).

Чем меньше значение $K_{эф}$, тем меньше гидравлическая эффективность эксплуатации металлического трубопровода с внутренними отложениями и тем меньше его гигиеническая безопасность из-за наличия слоя внутренних отложений.

Таким образом, представленные в статье материалы позволяют сделать следующие выводы:

1. Гигиеническая безопасность металлических трубопроводов систем водоснабжения должна оцениваться одновременно с учетом гидравлической эффективности трубопроводов, характеризуемых значением коэффициентов эффективности их использования, определяемых по формуле (1).
2. Гигиеническая безопасность трубопроводов систем водоснабжения из металлических труб неразрывно связана с гидравлической эффективностью их эксплуатации.
3. Требуется проведение специальных комплексных исследований, направленных на разработку прогноза остаточного периода эксплуатации сетей водоснабжения из металлических труб с внутренними отложениями до возникновения гигиенической опасности продолжения их дальнейшего использования.

Литература

1. ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. Официальное издание «Контроль качества» // Контроль качества воды: Сб. ГОСТов. — М.: ФГУП «Стандартинформ», 2010.
2. 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. № 1, 2019. — С. 44–47.
3. Продоус О. А. Зависимость продолжительности использования металлических трубопроводов систем водоснабжения от толщины слоя отложений на внутренней поверхности труб // Сборник докладов XV Международной научно-технической конференции «Яковлевские чтения» 19 марта 2020. М.: Издательство МИСИ — МГСУ, 2020. — С. 113–117.
4. Продоус О. А. Что дает учет гидравлического потенциала водопроводной сети города? // Трубопроводы и экология. № 2, 2008. — С. 30–31.
5. Продоус О. А. Рекомендации по гидродинамической очистке и телевизионной диагностике сетей водоотведения // Санкт-Петербургский НИИ АКХ им. К. Д. Памфилова, Санкт-Петербург, 2001. — 36 с.
6. Статья «Очистка труб от рыхлой ржавчины: способов много» // <https://www.bwt.ru/useful-info/ochistka-trub-ot-rykhloy-rzhavchiny-sposobov-mnogo/>

7. Продоус О. А., Новиков М. Г., Самбурский Г. А., Шипилов А. А., Терехов Л. Д., Якубчик П. П., Чесноков В. А. Рекомендации по реконструкции неновых металлических трубопроводов водоснабжения из стали и серого чугуна // Изд. ООО «Свое издательство», Санкт-Петербург — Москва, 2021. — 36 с. ил.
8. Первов А. Г. Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация // МГСУ Изд-во Ассоциации строительных вузов, Москва, 2009. — 231 с. // [file:///C:/Users/User/Downloads/Pervov_A._Sovremennye_vysokoeff_tekhnologii_ochistki_pitevoy_i_tekhn_vody.Fragment%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Pervov_A._Sovremennye_vysokoeff_tekhnologii_ochistki_pitevoy_i_tekhn_vody.Fragment%20(2).pdf)
9. Ильин С. Н., Конкина Л. А., Макарова Н. М. Использование инновационных технологий в области водоподготовки на комплексе водоочистных сооружений // МУП «Водоканал» г. Череповца // Инженерные системы АВОК Северо-Запад. № 3, 2015. — С. 62–69.
10. 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. 1-е издание — М. Издательство ООО «Перо», 2021. Санкт-Петербург — Москва. — 238 с. ил.