

ПРОБЛЕМЫ ОБРАСТАНИЯ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

*А.И. Есин, доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА», г. Саратов, Россия*
*Т.Н. Сауткина, кандидат технических наук
ФГБОУ ВПО «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.», г. Саратов, Россия*

В статье рассматривается изменение шероховатости внутренних поверхностей труб в процессе эксплуатации. Дается формула для определения шероховатости трубопроводов в зависимости от времени эксплуатации.

The article discusses the change of roughness of inner surfaces of pipes in operation. Given a formula to determine the roughness of the piping depending on the operating time.

Системы трубопроводов – это сложное и дорогостоящее сооружение. Проведенные исследования о состоянии трубопроводов свидетельствуют о том, что водопроводные сети вследствие снижения пропускной способности трубопроводов не соответствуют нормативным требованиям.

На сегодняшний день в России наблюдается очень высокий уровень аварийности, который связан с неудовлетворительным состоянием трубопроводов.

Работы по реконструкции водопроводных систем не проводились в требуемые сроки. Из-за снижения пропускной способности нарушается работа насосов, снижается напор и расход, что оказывает влияние на работу водопроводных систем.

Состояние водопроводных систем ухудшается. Реконструкция систем выполняется на 5–10% от необходимого объема, а ввод новых водопроводных систем практически прекратился.

Одним из важных вопросов, длительно эксплуатируемых существующих водопроводных систем является проблема обеспечения своего назначения в безопасном и надежном режимах работы трубопроводов. Это обусловлено тем, что срок службы трубопроводов превышает 30-40 лет. От безопасной работы водопроводных систем зависит своевременность подачи воды потребителям, необходимость проведения текущих и капитальных ремонтов, а также ее реконструкция и усовершенствование водопроводной сети.

Противоречия между длительно эксплуатируемыми трубопроводами и нормативными требованиями имеют следующие причины:

- с течением времени трубопроводы подвергаются обрастанию;
- изменяются условия эксплуатации трубопроводов (объемы транспортировки воды, качество воды, рабочее давление);
- в связи с развитием техники и технологий меняются нормативные требования.

В процессе эксплуатации в трубопроводах образуются различного рода отложения и обрастания. На этот процесс воздействуют: химический состав водопроводной воды, концентрация растворенных солей, содержание в воде растворенного кислорода, присутствие микроорганизмов, водорослей, дрейссен и др. Под их воздействием изменяется пропускная способность трубопроводов, увеличивается их шероховатость (рис. 1).

Вопрос работоспособности трубопроводов является актуальным, т.к. в перспективе необходимо разработать методы прогнозирования, способы и средства прочистки трубопроводов; комплекс технических, организационных и хозяйственных мероприятий, которые бы обеспечивали исправное состояние водопроводной сети; критерии оценки работоспособности трубопроводов и с их

помощью, возможно, делать дальнейший прогноз состояния трубопроводов, обеспечивающих безотказную эксплуатацию водопроводной сети.



Рис. 1. Обрастание трубопроводов $d = 40$ мм различных лет эксплуатации

Одной из главных задач служб эксплуатации большинства городов является предупреждение старения и выхода из строя водопроводных сетей, т.к. они выработали свой технически допустимый нормативный срок службы, который гарантировал их надежную эксплуатацию. Старение водопроводов достигает критического уровня.

В результате износа трубопроводов ежегодно увеличивается число прорывов, аварий и потерь воды. Аварии на магистральных сетях приводят к серьезным последствиям, т.к. нарушается водоснабжение города, тем самым население остается без воды.

Если не принять оперативных мер по повышению эффективности и работоспособности трубопроводов, то возникает опасная ситуация с многочисленными последствиями для людей.

Для решения проблемы обновления старых водопроводных сетей можно использовать различные внутренние защитные покрытия трубопроводов. Они предназначены для эффективного средства обеспечения физической целостности трубопроводов, могут служить надежным барьером между водой и трубопроводом, а также способствовать восстановлению прочностных и

гидравлических характеристик водопроводных сетей для продления их срока службы и снижения потерь воды.

Но на сегодняшний день не выработаны четкие научные подходы к проблеме защиты трубопроводов внутренними покрытиями, т. к. нет подходов к прочностному расчету двухслойных покрытий, а также не всегда имеются справочные данные о параметрах защитных покрытий. Поэтому необходим научно-обоснованный подход к задачам предотвращения раннего старения водопроводных сетей и реконструкции старых, который бы учитывал многочисленные факторы, влияющие на процесс старения и оптимальному планированию мероприятий по защите трубопроводов, для поддержания требуемых санитарно-гигиенических показателей питьевой воды.

В процессе эксплуатации водопроводные сети подвергаются воздействию различных внешних факторов, влияние которых отрицательно сказывается на техническом состоянии системы и сопровождается отклонением ее параметров от первоначальных расчетных значений. Прежде всего, изменяются пропускная способность, шероховатость. Эти отклонения иногда могут быть настолько значительными, что дальнейшая эксплуатация системы становится просто невозможной.

При проектировании трубопроводов водопроводной сети диаметр назначается с таким расчетом, чтобы полностью обеспечить потребителей водой, и при этом предполагают, что гидравлическое сопротивление труб в течение всего срока эксплуатации остается постоянным. В действительности пропускная способность трубопроводов постепенно уменьшается, снижаясь до 50 % расчетной и даже более. Это связано с увеличением шероховатости труб

вследствие коррозии. Этот процесс происходит с интенсивностью, которая зависит от материала стенок труб, свойств перекачиваемой воды и др.

Увеличение шероховатости трубопроводов в процессе эксплуатации принято определять по формуле А.Д. Альтшуля [1]

$$k_t = k_0 + \alpha \cdot t, \quad (1)$$

где k_0 – абсолютная эквивалентная шероховатость, мм, для новых труб (в начале эксплуатации); k_t – то же, через t лет эксплуатации; α – коэффициент, характеризующий быстроту возрастания шероховатости, мм/год, который зависит от материала труб и физико-химических свойств воды. Значение коэффициента α зависит от материала и диаметра труб, от свойств жидкости.

Специфика работы напорных трубопроводов такова, что экспериментальное изучение процесса обрастания возможно лишь в случаях аварийных и плановых ремонтных работ. Поэтому необходимо применять математическое моделирование процесса [2].

Чтобы определить рост шероховатости необходимо определить среднюю по внутренней поверхности величину шероховатости. Для этого были проведены измерения шероховатости внутренней поверхности труб, снятых в ходе ремонтно-восстановительных работ с различных участков трубопроводов. Измерения показали большой разброс в значениях. Образование наростов и отложений носит случайный характер, как по смоченному периметру, так и по длине трубы. Поэтому к оценке шероховатости применялись вероятностные методы. Обработка опытных данных методами математической статистики позволила перейти от случайных значений абсолютной шероховатости к детерминированным значениям абсолютной эквивалентной шероховатости (табл. 1).

Таблица 1

Величина обрастания стальных трубопроводов

Количество лет эксплуатации	7	18	25
Величина обрастания $k - k_0$, мм	1,3	4,6	6,1

Формула (1) для прогноза обрастания трубопроводов является чисто эмпирической и не имеет теоретического обоснования.

Путем решения смешанной краевой задачи для уравнения теплопроводности [2], на основе различия теплопроводящих свойств транспортируемой воды и материала наростов и отложений, была получена теоретическая формула для величины абсолютной эквивалентной шероховатости [3, 4]

$$k = k_0 + \alpha \sqrt{t}, \quad (2)$$

Если в отложениях и обрастаниях преобладает вюстит, то

$$\alpha = 1,183 \text{ мм/т}^{0,5},$$

где t – количество лет эксплуатации.

На рис. 2 представлены графики зависимостей (1), (2) и экспериментальные значения из табл. 1.

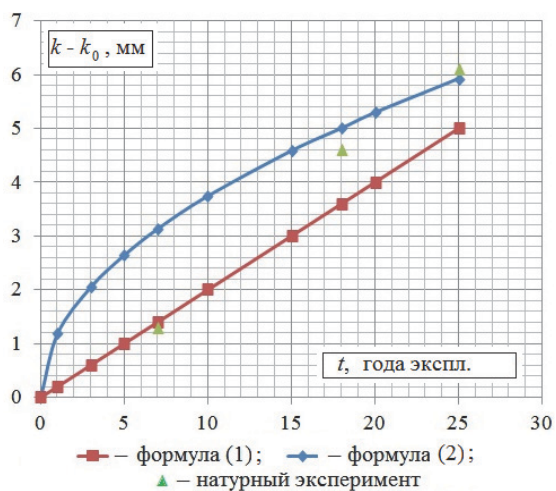


Рис. 2. Сравнение результатов исследований