

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД АВТОМОБИЛЬНЫМИ ДОРОГАМИ

Харун Махмуд

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

Предложена новая методика прогнозирования состояния железобетонных трубопроводов, находящихся под автомобильными дорогами. Это имеет практическое значение при отсутствии специального диагностического оборудования и робототехники.

Ключевые слова: трубопровод, автомобильная дорога, многократно повторяющаяся нагрузка, железобетон, трещина.

Трубопроводные системы — неотъемлемая часть инфраструктуры современных городов. Повышение исправности подземных трубопроводов, предупреждение их разгерметизации и оперативная ликвидация последствий аварий на сетях являются важными задачами служб эксплуатации коммунальных объектов. Данный вопрос в настоящее время приобретает особую актуальность во многих странах, где в коммунальном секторе преждевременные повреждения подземных трубопроводных коммуникаций достигли критических уровней. Поддержание высокой работоспособности систем водоснабжения и водоотведения остается для городских коммунальных служб приоритетной задачей.

Повреждение подземных трубопроводов приводит к потерям напора и снижению пропускной способности; ухудшению физико-химических показателей транспортируемой питьевой воды; возможности повторного заражения вод, загрязнению подземных и поверхностных вод, почв, атмосферы. Утечки воды из подземных трубопроводов являются также причиной поднятия уровня грунтовых вод, что может привести к интенсивному разрушению эксплуатируемых зданий и действующих сооружений инженерной инфраструктуры.

Практика эксплуатации подземных трубопроводов показывает, что на участках города, где трубопроводы проложены под автомобильными дорогами, наблюдаются наиболее обширные повреждения. Трубопроводы, находящиеся под автомобильными дорогами, многократно подвергаются повторным нагрузкам. При этом риск появления трещин в подземных трубах возрастает, ширина раскрытия трещин постепенно увеличивается, способствуя дальнейшему разрушению труб.

Эффективная и бесперебойная работа подземных трубопроводов достигается при надлежащей эксплуатации и систематическом поступлении информации о техническом состоянии, на основании которой становится возможным своевременно предотвращать аварии, планировать ремонтные работы.

В настоящее время в развитых странах все более широкое применение находит метод обследования и диагностирования внутренних полостей трубопроводов, предусматривающий использование инспекционных телероботов, позволя-

ющий получать достаточно подробную информацию о техническом состоянии трубопроводов.

Следует отметить, что указанный метод обследования и диагностирования трубопроводов во многих развивающихся странах еще не применяют. Это объясняется высокой стоимостью инспекционных телероботов и весьма ограниченными экономическими ресурсами развивающихся стран.

С целью разработки методики прогнозирования железобетонных трубопроводов на раскрытие трещин, находящихся под автомобильными дорогами, были проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях на железобетонных плоских элементах.

Всего было испытано четыре серии по шесть образцов плоских элементов толщиной 60 мм с процентом армирования $\mu = 0,24\%$ (при изготовлении железобетонных труб обычно используют 0,2—0,3% арматуры). Образцы в течение 28 дней выдерживались во влажном состоянии при температуре 20 °С (± 2 °С), чтобы полностью исключить возможность усадки бетона, как это делается на заводах по изготовлению железобетонных труб.

Испытание образцов проводилось на универсальной установке ГРМ-10, предназначенной для нагружения до 10 т. Точность измерения установки $\pm 1\%$. Установка ГРМ-10 является двухколонной машиной, состоящей из гидравлического домкрата, насосной установки, силоизмерителя, пульсатора и пульта управления. Пульт управления обеспечивает возможность изменения и регулировку уровней нагружения образцов. Установка имеет счетчик числа циклов нагружения, а также динамическую тарифовку в эксплуатационном режиме.

Характер появления и раскрытия трещин определялся методом мокрых пятен. В качестве смачивающей жидкости использовался окрашенный спирт. Для измерений величин раскрытия трещин применялись градуированный микроскоп с увеличением 80 \times , в котором цена деления шкалы окулярного микрометра была 0,01 мм. Измерение величины раскрытия трещин делалось в месте наибольшего ее раскрытия.

При статических испытаниях образцов ширина раскрытия первых видимых трещин в образцах колебалась в пределах 0,2—0,3 мм. После появления первых видимых трещин каждый образец был вторично испытан многократно повторяющейся нагрузкой. При включении автоматического устройства установки ГРМ-10 была задана фактическая нагрузка появления трещин каждого образца в заданных количествах ее приложения. Частота приложения нагрузки составляла 120—180 повторений в час. Для измерения трещин делался перерыв после 1000, 3000, 6000 и 10 000 повторений.

По результатам испытаний проведен статистический анализ данных с определением средних значений, среднеквадратических отклонений и доверительного интервала при коэффициенте обеспеченности 0,95%.

На рисунке нанесены измеренные величины раскрытия трещин в образцах, испытанных с повторной нагрузкой и построена линия в зависимости от ширины раскрытия трещин a_{cr}^n и количества приложения нагрузок n . Ширина раскрытия трещин при многократно повторном нагружении увеличивается линейно [2].

На основании анализа также получена эмпирическая зависимость ширины раскрытия трещин a_{crc}^n от количества приложения нагрузок n при коэффициенте корреляции $R = 0,99$:

$$a_{crc}^n = 0,24 + 6 \cdot 10^{-5} \cdot n. \quad (1)$$

В формуле (1) первое значение обозначает ширину раскрытия первых видимых трещин a_{crc} , а второе — дополнительное раскрытие трещины после n -го приложения нагрузок.

Формулу (1) можно записать как $a_{crc}^n = a_{crc} + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot n \cdot a_{crc}$ или

$$a_{crc}^n = a_{crc} (1 + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot n). \quad (2)$$

Сходимость экспериментальных данных с теоретическим положением $\pm 2,8\%$.

Формулой (2) рекомендуется пользоваться для прогнозирования раскрытия трещин в железобетонных трубах при многократных нагрузках.

Методика прогнозирования заключается в следующем:

1) определяют ширину раскрытия первых видимых трещин a_{crc} по существующей методике, предложенной в разделе 4 СНиП 2.03.01-84* [1];

2) определяют ширину раскрытия трещин в зависимости от интенсивности движения автотранспорта наибольшей массы по формуле (2).

Ширина раскрытия трещин, a_{crc}^n (при $n > 1$), мм

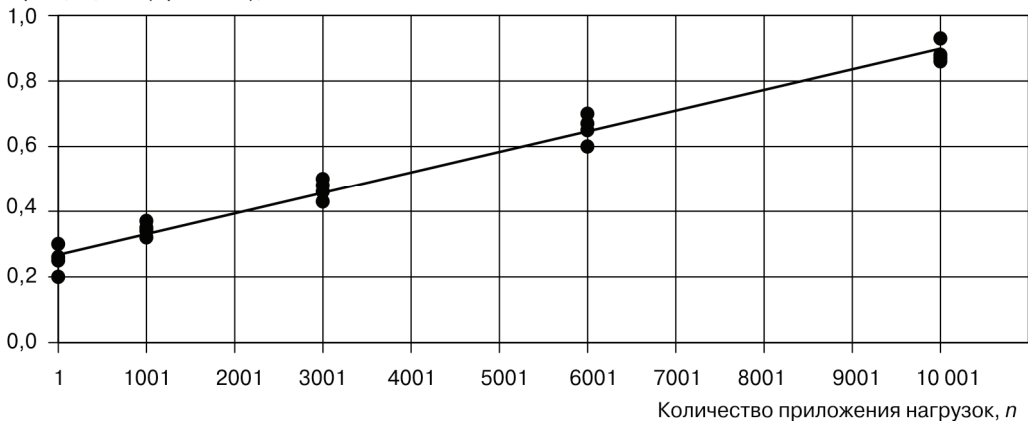


Рис. 1. Раскрытие трещин при многократных нагрузках

Например, требуется определить ширину раскрытия трещин за 365 дней при интенсивности движения 100 грузовых автомашин массой 20 т за сутки.

Допустим, что в железобетонной трубе средняя ширина раскрытия первых видимых трещин от нагрузки 20 т, определенная по методике, предложенной в СНиП 2.03.01-84*, — 0,3 мм. Ширина раскрытия трещин при интенсивности движения 100 автомашин в сутки за 365 дней достигнет

$$\begin{aligned} a_{crc}^{100 \cdot 365} &= a_{crc} (1 + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot n) = \\ &= 0,3 (1 + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 365) = 3,04 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

При отсутствии оборудования для диагностирования с целью практических мер безопасности и эксплуатационной надежности трубопроводов, находящихся под автомобильными дорогами, возможно прогнозировать состояние железобетонных трубопроводов расчетным путем по формуле (2).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. — М.: ЦИТП Госстроя РФ, 1996. — 79 с. URL: <http://www.vashdom.ru/snip/20301-84>.
- [2] *Харун М.* Методика диагностирования железобетонных канализационных трубопроводов, находящихся под автодорогами // Монтажные и специальные работы в строительстве. — 2004. — № 10. — С. 21—22.

FORECASTING THE CONDITION OF REINFORCED CONCRETE PIPELINES, LOCATED UNDER THE ROADS

Kharun Makhmud

Peoples' Friendship University of Russia
Ordshonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

In this paper offered a new method for forecasting the condition of reinforced concrete pipelines, which are located under the roads. It has a practical value in the absence of special diagnostic equipments and robotics.

Key words: pipeline, road, repetitive load, reinforced concrete, crack.