

УДК 533.15 : 628.24

Г.Я.ДРОЗД, д-р техн. наук, Я.А.ГУСЕНЦОВА

Донбасская государственная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка

ДИФфуЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В КОЛЛЕКТОРАХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Рассматривается математическая модель процесса диффузии примесного газа в коллекторах водоотведения. Показано хорошее совпадение экспериментальных и расчетных данных.

Ежегодные прямые затраты на ремонтно-восстановительные работы канализационных систем только за период 1985-1995гг. составили по Украине 200 млн. рублей в ценах 1984г., из которых 80% израсходованы на восстановление разрушенных коррозией участков. В почти половине случаев повреждение канализационных сетей из бетонных и железобетонных конструкций происходит из-за коррозии и разрушения сводной части труб, которая характеризуется большой скоростью (до 40 мм/год) [1].

Разрушению подвергаются только безнапорные участки трубопроводов. Дегазация сероводорода из воды интенсифицируется в местах изменения турбулентности водного потока. Выделившийся после водоотбойного колодца газ распространяется по коллектору, при этом наиболее значительные разрушения наблюдаются за перепадом, где скорость коррозии самая высокая.

Анализ факторов, влияющих на эксплуатационную надежность канализационных сетей (проектный, технологический, строительный и эксплуатационный), показал, что основным является проектный. В связи с этим возникает необходимость определения протяженности зон распространения коррозионного поражения в самотечных трубопроводах, требующих обязательной антикоррозионной защиты. С этой целью необходимо провести расчет распределения газовыделений по длине коллектора. Диффузия газа в потоке, который движется вдоль оси z со скоростью v , описывается уравнением [2]

$$\frac{\partial u}{\partial t} = DV^2 u - v \frac{\partial u}{\partial z},$$

где $u(x, y, z, t)$ – концентрация молекул газа; D – коэффициент диффузии примесного газа в воздухе.

Задача решается в следующей постановке. Рассматриваем установившееся, т.е. уже не зависящее от времени распределение молекул в коллекторе. Концентрация в точке $z=0$ поддерживается постоянной во времени и по сечению в связи с выделением газа после перехода. На

стенках трубы происходит поглощение молекул и концентрация там равна нулю. Таким образом, приходим к уравнению

$$D\nabla^2 u - v \frac{\partial u}{\partial z} = 0;$$

$$u(x, y, 0) = 1;$$

$$u(a, y, z) = u(x, b, z) = 0.$$

Одним из методов решения этого уравнения является разделение переменных [3]

$$u(x, y, z) = X(x)Y(y)Z(z).$$

С учетом этого получаем

$$D(X''YZ + XY''Z + XYZ'') - vXYZ' = 0.$$

После деления на XYZ

$$\frac{X''}{X} + \frac{Y''}{Y} + \frac{Z''}{Z} - \frac{v}{D} \frac{Z'}{Z} = 0$$

переменные разделяются:

$$\frac{X''}{X} = -\alpha^2; \quad \frac{Y''}{Y} = -\beta^2; \quad \frac{Z''}{Z} - \frac{v}{D} \frac{Z'}{Z} = \gamma^2; \quad \gamma^2 = \alpha^2 + \beta^2.$$

Общее решение первого уравнения

$$X(x) = A \cos(\alpha x) + B \sin(\alpha x).$$

Из граничных условий имеем

$$X(0) = A = 0; \quad X(a) = B \sin(\alpha a) = 0; \quad \alpha a = n\pi; \quad \alpha = \frac{n\pi}{a},$$

т.е.

$$X(x) = B \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right).$$

Аналогично для $Y(y)$ получим

$$Y(y) = C \sin\left(\frac{m\pi y}{b}\right).$$

Решение уравнения для Z

$$Z'' - \frac{v}{D} Z' - \gamma^2 Z = 0$$

ищем в виде

$$Z(z) = A \exp(kz).$$

Таким образом, частное решение исходного уравнения диффузии

в потоке получается следующим:

$$u(x, y, z) = A_{n,m} \exp(kz) \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{m\pi y}{b}\right).$$

В силу линейности уравнения диффузии линейная комбинация частных решений также является решением уравнения. Тогда общий вид решения будет

$$u(x, y, z) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_{n,m} \exp(kz) \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{m\pi y}{b}\right).$$

Это решение удовлетворяет граничным условиям. Коэффициенты A подбираем таким образом, чтобы выполнялось начальное условие

$$u(x, y, 0) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_{n,m} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{m\pi y}{b}\right) = 1.$$

Фактически, это разложение в двойной ряд Фурье, коэффициенты которого определяются по формулам [3]

$$A_{n,m} = \frac{4}{ab} \int_0^a \int_0^b \sin\left(\frac{n\pi \zeta}{a}\right) \sin\left(\frac{m\pi \tau}{b}\right) d\zeta d\tau.$$

Итак, получаем решение исходной задачи

$$u(x, y, z) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_{n,m} \exp(kz) \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{m\pi y}{b}\right).$$

Некоторые результаты анализа полученного решения (уравнение решалось в среде пакета прикладных программ MathCad for Windows) приведены на рис. 1, 2.

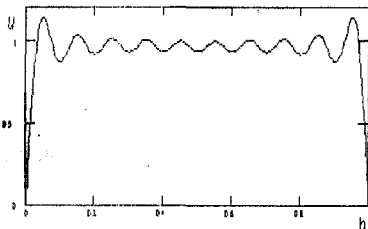


Рис. 1 – Распределение относительной концентрации примесного газа u в начальном сечении по высоте коллектора h

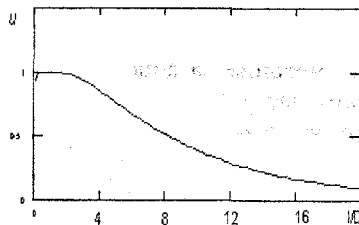


Рис. 2 – Распределение относительной концентрации примесного газа (сероводорода) u по длине коллектора (L/D – отношение длины коллектора к его гидравлическому диаметру)

Анализ полученных результатов свидетельствует, что концентрация газа существенно изменяется по длине коллектора. При этом интенсивность изменения определяется скоростью газа в подводном пространстве коллектора и коэффициентом диффузии примесного газа в воздухе. Сравнение расчета с данными, полученными при эксплуатации коллекторов [1], показало их хорошее качественное и количественное совпадение.

1. Дрозд Г.Я., Зотов Н.И., Маслак В.Н. Канализационные трубопроводы: надежность диагностика, санация. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2000. – 260 с.

2. Калюжный Г. С., Коваленко А.А., Соколов В.И. Диффузия газов и аэрозолей в турбулентных потоках. – Луганск: Изд-во Восточноукраинского гос. ун-та, 1999. – 100 с.

3. Соколов В.И., Коваленко А.А., Калюжный Г.С. Инженерные задачи диффузии примеси в потоке. – Луганск: Изд-во Восточноукраинского гос. ун-та, 2000. – 168 с.

Получено 14.01.2002

УДК 628.543.8 : 534.615

С.І.МОВЧАН

Таврійська державна агротехнічна академія, м.Мелітополь

ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ, ДІАМЕТРА І ДЗЕТА-ПОТЕНЦІАЛУ ЧАСТИНОК ДОМШОК У РІДИНІ МЕТОДОМ ДОПЛЕРІВСЬКОЇ ІНТЕРФЕРОМЕТРІЇ

Наводиться методика визначення швидкості, діаметра і дзета-потенціалу частинок, що рухаються в рідині під дією сили тяжіння і електрофоретичної сили методом лазерної доплерівської інтерферометрії. Одночасне вимірювання означених параметрів здійснюється за допомогою оригінальної конструкції електромеханічного модулятора лазерного випромінювання.

Проведення експресного аналізу очистки стічних вод гальванічного виробництва є дуже важливим завданням при розробці технології водоочисного обладнання. Визначення діаметра і швидкості частинок, що рухаються в рідині під дією сили тяжіння і електрофоретичної сили, можливе за допомогою контрольно-вимірювальної техніки методами лазерної доплерівської анемометрії. Методи лазерної інтерферометрії дозволяють вимірювати швидкість руху частинки в реальному часі з великою точністю і в широкому діапазоні значень (10^{-6} м/с... 10^6 м/с). Але відомі способи [1, 2] визначення параметрів частинок, що рухаються в рідині, не дозволяють одночасно встановити горизонтальну і вертикальну складові швидкості руху. Крім того, в доплерівській інтерферометрії вимірюється тільки величина швидкості, а її напрямок залишається незначним. Нами пропонується спосіб і пристрій лазерного доплерівського інтерферометра, що забезпечують