

Як видно з таблиці, середня відносна помилка розрахунку на ЕОМ склала 24,4%. У подальшому планується більш повно врахувати вплив сил турбулентної дифузії і вторинного знесення часток пилу в електрофільтрі.

1. Акініна А.Г., Качан В.М. Математична модель процесу пиловловлювання в електрофільтрах // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів: Зб. доповідей X Всеукраїнської наукової конференції аспірантів і студентів. Т.1 – Донецьк: ДонДУ, ДонДАУ, 2000. – С.20-21.

2. Качан В.М. Оптимізація параметрів обезпилення повітря та попередження вибухів у вугільних шахтах / Автореф. дис. д-ра техн. наук. – Макіївка, 1996. – 46 с.

Отримано 28.04.2000

УДК 628.356

Ю.Г.МАРЧЕНКО, Ю.М.МЕШЕНГИССЕР, В.Ю.ЛОСЬ, кандидати техн. наук
НПФ "Екополимер", г.Харьков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССООБМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМАТИЧЕСКИХ АЭРАТОРОВ

Приведены результаты экспериментального исследования массообменных характеристик трубчатых мелкопузырчатых аэраторов. Отмечены методические особенности проведения и обработки экспериментов, описана экспериментальная установка.

Наиболее важной характеристикой пневматических аэраторов является эффективность переноса кислорода (ОТЕ – Oxygen Transfer Efficiency). ОТЕ для чистой воды обычно определяют с помощью динамической методики испытаний, описанной в стандарте ASCE [1]. Эта методика применима как для лабораторных установок объемом в несколько литров, так и для аппаратов, имеющих объем реального аэротенка.

Полученные в эксперименте данные анализируем, исходя из уравнения [1]:

$$C = C_{\infty}^* - (C_{\infty}^* - C_0) \cdot \exp(-K_L a \cdot t), \quad (1)$$

где C – измеренная концентрация растворенного кислорода в момент времени t ; C_0 – концентрация растворенного кислорода в начальный момент времени; $K_L a$ – кажущийся средний объемный коэффициент массопередачи в чистой воде; C_{∞}^* – кажущаяся средняя концентрация насыщения растворенного кислорода при бесконечном времени аэрации.

Скорость переноса кислорода при стандартных условиях определяем как в [1]:

$$SOTR = K_L a_{20} \cdot C_{\infty 20}^* \cdot V, \quad (2)$$

где V – объем воды в реакторе; $K_L a_{20}$, $C_{\infty 20}^*$ – величины, приведенные к стандартным условиям.

Эффективность использования кислорода при стандартных условиях равна [1]:

$$SOTE = \frac{SOTR}{0,23 \cdot Y \cdot \rho \cdot Q_s}, \quad (3)$$

где Y – мольная доля сухого воздуха при стандартных условиях; ρ – плотность сухого воздуха при стандартных температуре и давлении; Q_s – объемный расход воздуха при стандартных условиях.

Стандартными условиями для воздуха являются: температура 20°C , давление 101325 Па и относительная влажность 36 %.

Существует много факторов, влияющих на результаты определения массообменных характеристик аэраторов: атмосферное давление, температура и влажность воздуха, температура воды, точка расположения датчика кислородомера, точность измерения расхода воздуха, постоянная времени датчика кислородомера и др. Вследствие этого опубликованные в литературе зависимости различных производителей аэраторов могут иметь существенные ошибки при недостаточно корректном проведении измерений.

Нами были выполнены исследования, позволяющие выявить как источники возможных ошибок, так и их количественные значения.

Описание экспериментальной установки

Для изучения массообменных характеристик аэраторов была создана экспериментальная установка, схема которой приведена на рисунке.

Основным элементом установки является реактор 1 в виде колонны диаметром 0,8 и высотой 4,0 м, снабженный смотровыми окнами. Подача сжатого воздуха к аэратору 2 осуществляется через ресивер 13 от компрессора 3 и регулируется редуктором 12. Для улавливания масел и влаги в воздушной магистрали предусмотрен фильтр 14. Установка оснащена системой подачи азота из баллона 9. Заполнение реактора водой производится из городской водопроводной сети. Перемешивание реагентов в реакторе осуществляется циркуляционным насосом 8. Система измерений включает в себя ротаметры 4, 5 фирмы "KING INSTRUMENT COMPANY", кислородомер YSI-57 лабораторный 7 с датчиком 6, U-образный водяной дифференциальный манометр 10 и измеритель уровня 11. Вывод показаний кислородомера ор-

ганизован на персональный компьютер 15. Система оснащена электронным термометром фирмы "COLE-PARMER", барометром-анероидом БАММ-1 и гигрометром ВИТ-2 (на рисунке не показаны), которые позволяют определять параметры окружающей среды.

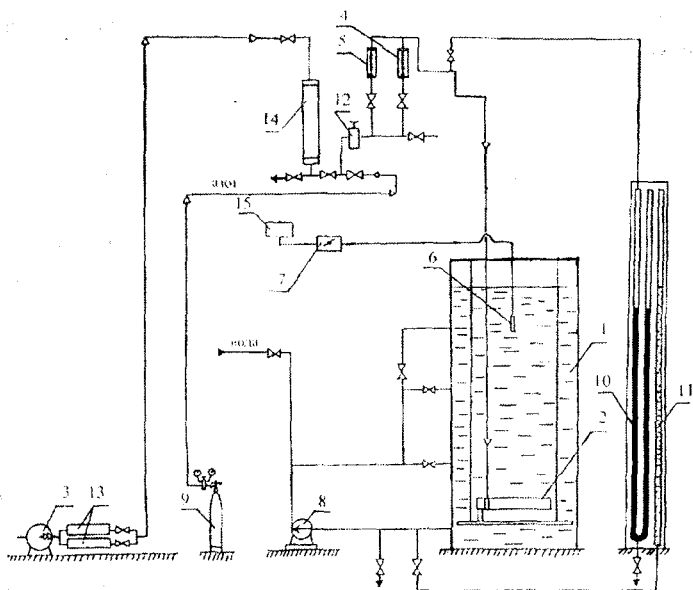


Схема экспериментальной установки
для определения массообменных характеристик аэраторов

Методика проведения и обработки экспериментов

Аэрактор устанавливали возле дна в предварительно очищенном и заполненном водой реакторе. За исключением отдельных опытов, датчик кислородомера помещали посередине реактора на глубине 0,6 м от поверхности воды. В соответствии с [1] обескислороживание воды в реакторе производили реagentным методом с использованием сульфита натрия (квалификация "ЧДА") и катализатора хлорида кобальта (квалификация "Ч"), а также с помощью продувки азота (повышенной чистоты) через аэрактор. До и после опыта измеряли параметры окружающей среды, температуру воды в реакторе и воздуха в воздуховоде. Изменение концентрации растворенного кислорода в течение опыта записывали на персональный компьютер. В конце опыта, когда концентрация растворенного кислорода достигала неизменной величины, измеряли избыточное давление воздуха в воздуховоде.

Результаты экспериментов

Для определения влияния глубины погружения датчика кислородомера на погрешность определения характеристик аэраторов были проведены опыты при размещении датчика на высоте 0,6 м от верха аэратора, 0,6 м от уровня воды и на глубине, равной половине высоты столба жидкости над аэратором. Каждый опыт повторяли трижды. Анализ показал, что корреляции между случайными погрешностями определения K_{La} и SOTE, а также между самими этими величинами и глубиной погружения датчика кислородомера не существует. С увеличением расхода воздуха погрешности определения массообменных характеристик возрастают и при стандартном расходе $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ на погонный метр аэратора относительная погрешность определения SOTE составляет $\pm 4,5\%$ (относительных). Опытты по определению постоянной времени датчика кислородомера показали, что для YSI-57 эта величина не превышает 3,5 с и ее влияние на коэффициент массопередачи может проявляться при стандартных расходах воздуха, больших $25 \text{ м}^3/\text{ч}$ на погонный метр аэратора.

Поскольку понятие чистой воды в стандарте ASCE не конкретизировано, для сравнения нами были проведены опыты в водопроводной и артезианской воде. В результате их установлено, что отношение коэффициентов массопередачи в водопроводной и артезианской воде равно $0,93 \pm 0,03$. Этот факт имеет большое значение, так как показывает, что даже при абсолютно идентичных испытаниях аэраторов в разных лабораториях разница в значениях эффективности переноса кислорода может доходить до 10% (относительных).

Нами также установлено, что недостаточная длительность эксперимента, малое число точек измерения и их неправильное расположение на кривой насыщения могут приводить к погрешностям определения массообменных характеристик, доходящим до 20%. Все указанные выше факторы должны учитываться при испытаниях аэраторов,

В настоящее время назрела необходимость разработки стандартной арбитражной методики определения массообменных характеристик пневматических аэраторов.

1. American Society of Civil Engineers. ASCE Standard: Measurement of Oxygen Transfer in Clean Water. ISBN 0-87262-430-7, New York, NY, July 1984.

Получено 28.04.2000