

УДК 628.33:621.762

В.З.ЧИРИКОВ, канд. техн. наук,
Н.В.ХОЛОДИНСКАЯ, Л.П.ИВАНОВ,
канд. физ.-мат. наук (БелКТИГХ)

ВЫБОР ДИАМЕТРА ДИСКОВЫХ ПНЕВМОАЭРАТОРОВ

В настоящее время в нашей стране и за рубежом ведутся работы по созданию новых типов аэрационных элементов для систем мелкопузырчатой аэрации. Использование в качестве исходных порошков металлов и окисных систем, пористых синтетических материалов, картона и других видов сырья дает возможность изготавливать дисковые, трубчатые, купольные элементы, обладающие достаточно высокими прочностными и аэрационными характеристиками, а также создавать на их основе системы с развитой зоной аэрации, с дифференцированной подачей воздуха по длине аэротенка и т.д.

В ходе исследований, проводимых в БелКТИГХ с 1978 г., подтверждены преимущества плоских, в частности дисковых аэрационных элементов. Этот факт в отечественной практике до сих пор не учитывался. В связи с подготовкой к практическому применению дисковых пневмоаэраторов возникает необходимость обоснования выбора их диаметра для конкретных условий эксплуатации. Решение этой задачи возможно путем изменения: диаметров дисков при постоянном расстоянии между ними; расстояния между аэраторами при постоянном диаметре; одновременно обоих параметров.

В данном случае рассматривается первый вариант, наиболее соответствующий требованиям существующих норм проектирования.

По конструктивным соображениям, число аэрационных элементов (n_k), устанавливаемых на 1 м аэротенка, может быть определено по формуле

$$n_k = \frac{Bf}{F(d+l)^2}, \quad (1)$$

где B — ширина коридора аэротенка; d — диаметр рабочей зоны аэрационного элемента; l — расстояние между рабочими зонами аэраторов; f — площадь аэрируемой зоны; F — площадь аэротенка.

Согласно существующим рекомендациям, для мелкопузырчатых аэраторов в площадь зоны аэрации входят просветы между элементами до 0,3 м, что способствует учету степени расширения восходящих водовоздушных потоков [1]. Восходящий от каждого аэрационного элемента поток принимает форму конуса с углом раскрытия $\alpha = 10-12$ град. Для аэрационных элементов, погруженных на глубину 4—5 м, ширина дополнительной области распространения пузырьков составляет около 0,3 м [2].

С технологической точки зрения, количество аэрационных элементов на 1 м

$$n_{\tau} = \frac{Q_1}{q} = \frac{4Q_1}{\pi d^2 v}, \quad (2)$$

где Q_1 — расход воздуха на 1 м аэротенка; q — расход воздуха через один элемент; v — скорость фильтрации воздуха через аэрационный элемент.

Требуемый расход воздуха на единицу длины аэротенка определяется по формуле $Q_1 = iB$. Здесь i — интенсивность аэрации; B — ширина коридора аэротенка.

Используя известные расчетные формулы [2]:

$$i = \frac{DH}{t}; \quad D = \frac{z\Delta L}{k_1 k_2 n_1 n_2 \Delta C}; \quad t = \frac{\Delta L}{\rho a_{cp} (1-S)},$$

выразим расход воздуха

$$Q_1 = \frac{z \rho a_{cp} (1-S) HB}{k_1 k_2 n_1 n_2 \Delta C}. \quad (3)$$

С учетом (3) формула (2) примет вид

$$n_{\tau} = \frac{4z \rho a_{cp} (1-S) HB}{\pi k_1 k_2 n_1 n_2 \Delta C d^2}. \quad (4)$$

Поскольку реальная система представляет собой единый комплекс конструктивных и технологических параметров, в котором ведущими являются вторые, принимаем $n_k = n_{\tau}$. Подставляя выражения (2), (4), получим равенство

$$\frac{Bf}{F(d+l)^2} = \frac{4z \rho a_{cp} (1-S) HB}{\pi k_1 k_2 n_1 n_2 \Delta C d^2 v}. \quad (5)$$

Для приведенного равенства (5) введем величину $A = \frac{4z \rho a_{cp} (1-S) H}{\pi k_2 n_1 n_2 \Delta C}$, которая для любого конкретного объекта может быть принята как константа, что следует из анализа входящих в формулу элементов.

После преобразований равенство (5) может быть записано следующим образом:

$$\frac{fk_1 v}{FA} = \left(\frac{d+l}{d} \right)^2,$$

откуда диаметр рабочей зоны аэраторов:

$$d = \frac{l}{\left(\frac{fk_1 v}{FA} \right)^{0,5} - 1}. \quad (6)$$

Из полученной зависимости (6) следует, что диаметр рабочей зоны дисковых пневмоаэраторов (при прочих равных условиях) определяется отношением площади зоны аэрации к площади аэротенка (f/F). С увеличением f/F , что характерно для развитых зон аэрации, диаметр уменьшается.

Далее рассчитывались диаметры дисковых пневмоаэраторов из волокнисто-пористого полиэтилена (ВПП) по зависимости (6) при следующих исходных данных: $l = 0,3$ м; $\rho = 20$ мг/г·ч; $a_{сд} = 1,5$ г/л; $S = 0,3$; $H = 4$ м; $k_2 = 2,52$; $n_1 = 0,9$; $n_2 = 0,85$; $\Delta C = 8$ мг/л; $z = 1,1$ мг/мг; $f/F = 0,1 \div 1,0$.

Проведенные в БелКТИГХ экспериментальные исследования дисков из ВПП подтвердили, что требуемые аэрационные показатели их сохраняются в диапазоне скорости фильтрации воздуха через элемент $95 \div 190$ м/ч. Результаты расчета приведены на рис. 1. Кривая I соответствует минимальной рекомендуемой скорости фильтрации воздуха v_1 , II — максимальной скорости v_2 . Выбор диаметра следует производить в области между кривыми по заданной величине f/F . При этом в первую очередь нужно ориентироваться на кривую I, так как при низких нагрузках на аэраторы по воздуху достигается более высокая степень использования кислорода.

График наглядно демонстрирует возможность выбора диаметра аэратора по величине f/F . Однако в связи с различиями в характеристиках разных типов аэраторов и исходных данных объектов применение графика для расчетов ограничено. Для конкретных объектов размер аэратора вычисляется по вышеприведенным формулам. При этом необходимо учитывать следующее: величина f/F принимается как средневзвешенная для всего аэротенка (секции); в результате расчетов определяется диаметр зоны выхода воздуха из аэратора (полный диаметр аэратора должен включать также зоны для крепления, опреде-

ляемые конструктивно; нагрузки на аэраторы по воздуху должны приниматься по паспортным данным или рекомендациям разработчиков.

Воспользуемся графиком (см. рис. 1) для общего анализа рассматриваемой закономерности и определения области применения известных типов аэраторов. В типовых проектах аэротенков f/F составляет $0,10 \div 0,15$. Согласно графику (уровень I), этой величине соответствует диаметр аэратора 300 мм и выше. Действительно, размеры наиболее распространенных фильтровальных плит имеют 300×300 мм, или эквивалентный диаметр рабочей зоны — 300 мм.

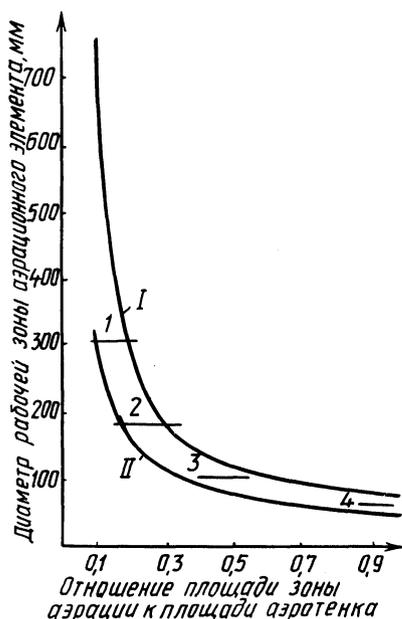


Рис. 1. Зависимость диаметра аэраторов от отношения f/F — при $v_1 = 95,5$; II — при $v_2 = 191,0$ м/ч; 1-4 — рассматриваемые уровни развития систем пневматической аэрации.

В последние годы усилилась тенденция к увеличению параметра f/F в аэротенках, что вызвано необходимостью повышения степени использования кислорода воздуха и экономии электроэнергии. Как следует из графика, размеры аэрационных элементов при этом следует уменьшать ориентировочно в диапазоне $300 \div 50$ мм. Так, в зарубежной практике получили распространение аэраторы с диаметрами 180–240 мм и системы на их основе с $f/F = 0,15 \div 0,30$ и более [3–5]. В отечественной практике дисковые аэраторы $d = 190$ мм внедрены по разработкам СКТБ Химмаш и БелКТИГХ в г. Борисове ($f/F = 0,35$). Соотношение параметров d и f/F в приведенных источниках подтверждается данными графика (уровень 2).

Примеры создания аэротенков с более развитой системой аэрации пока единичны. Одним из них является разработка в БелКТИГХ системы аэрации для очистных сооружений г. Витебска ($f/F = 0,47$), в которой предусмотрено уменьшение диаметра аэраторов до 100 мм (уровень 3).

В перспективе для очистки городских сточных вод наибольший интерес представляют открытые окситенки и аэротенки, работающие на обогащенном кислородом воздухе [6]. В целях более полного использования кислорода в новых сооружениях следует ожидать увеличения параметра f/F до предельного значения с соответствующим уменьшением размеров аэрационных элементов — 50 мм (уровень 4).

Следует отметить, что в общем процесс перехода к более экономичным системам аэрации с одновременным уменьшением размеров аэраторов протекает чрезвычайно медленно, с некоторым ускорением в последние десятилетия. В отечественной практике он сдерживается не только объективными трудностями перестройки производства на выпуск новых аэрационных элементов, но и недостаточно четкими представлениями специалистов о необходимости применения малогабаритных аэраторов.

Проведенный анализ позволяет в определенной мере увидеть перспективу развития параметров и конструктивных элементов систем пневматической аэрации и ориентироваться на нее в практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП П-32-74 "Нормы проектирования. Канализация. Наружные сети и сооружения". — М., 1975. — 88 с. 2. Брагинский Л.Н., Евилевич М.А., Бегачев В.И. Моделирование аэрационных сооружений для очистки сточных вод. — Л., 1980. — 140 с. 3. Gregory L. Huijbregtse, Thomas G. Rooney, David C. Rasmussen. Factors affecting fine bubble diffused aeration. — J. Water Pollut. Control Fed., 55, p. 1057–1064 (Aug. 1983). 4. Технические записки по проблемам воды. В 2-х т. — М., 1983, с. 609–1064. 5. Аэрация сточных вод устройствами НОКИА. Проспект акционерного общества "НОКИА". Финляндия, 1975. — 8 с. 6. Интенсивные методы биологической очистки городских сточных вод/Л.И.Гюнтер, Э.С.Разумовский, Н.А.Терентьева и др. — Обзорн. информ. "Проблемы больших городов". М., 1983, вып. 6. — 24 с.