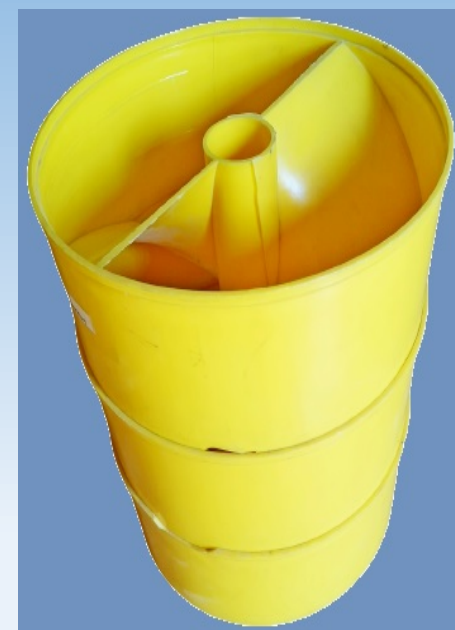
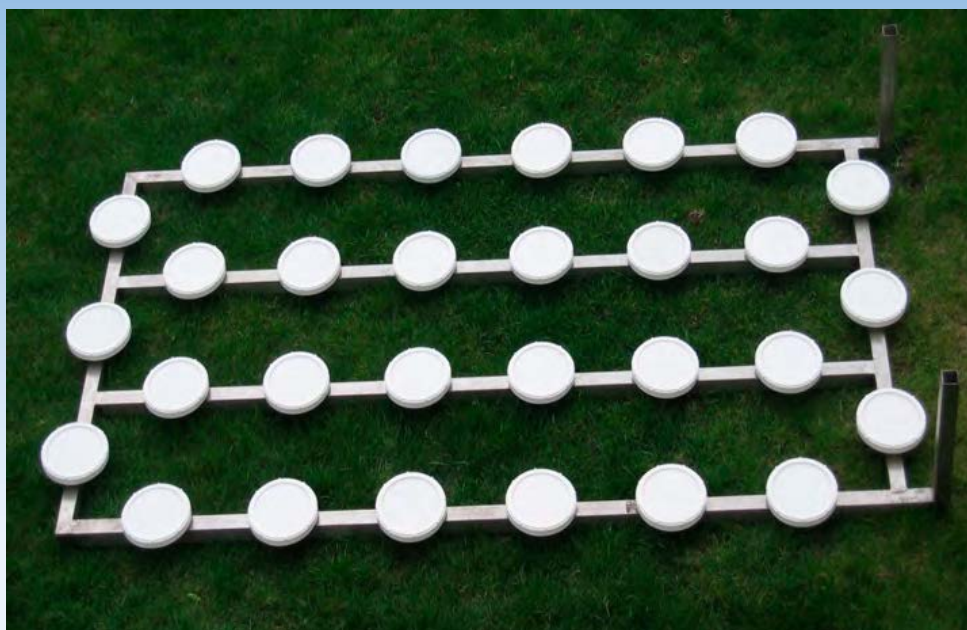




БЕЛЭКПОЛЬ

220049 Беларусь, Минск
ул. Севастопольская д.21
тел: +375 17 280-65-60
моб: +375 29 662-62-69
E-mail: info@belekpol.ru
Web: www.belekpol.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕЛКОПУЗЫРЧАТЫЕ СИСТЕМЫ АЭРАЦИИ



О ПРЕДПРИЯТИИ "БЕЛЭКПОЛЬ"

Предприятие «Белэкполь» 35 лет специализируется на работах, связанных с обследованием, проектированием, строительством, реконструкцией, наладкой и пуском в эксплуатацию сооружений по очистке городских и промышленных сточных вод, насосных станций, а также изготавливает (поставляет), монтирует, налаживает технологическое оборудование для очистки сточных вод.

У предприятия есть опыт проектирования и строительства очистных сооружений с радиоактивными стоками, кожзаводов, мясокомбинатов, молочных предприятий и различных других производств.

В области проектирования и строительства систем канализации предприятие имеет в своем багаже свыше 280 объектов.

Производительность реализуемых объектов по расходу воды колеблется до 1 200 000 м³/сутки.

Используя опыт и собственные изобретения, кроме проектирования различных традиционных классических решений биологической очистки сточных вод, предприятием разработано и освоено более десятка современных сооружений, многофункциональных технологических решений и оборудования нового поколения с использованием в качестве очистных сооружений биоблоков - модульных очистных сооружений блочного типа различной производительности, совмещающих в одном сооружении все технологические процессы с высокой степенью интенсивности очистки сточных вод.

Это позволяет осуществлять на современном техническом уровне новое строительство и комплексную модернизацию объектов с доведением их количественных и качественных показателей до требуемого уровня при значительном экономическом эффекте, многократно подтвержденным Государственной экспертизой и опытом эксплуатации.

НАШИ БУКЛЕТЫ И КАТАЛОГИ



1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Впервые на территории бывшего Советского Союза изобретение и производство мелкопузырчатых дисковых аэраторов с диспергаторами из волокнисто-пористого полиэтилена, из гранулированных металлических порошков нержавеющей стали, титана, оловянистой бронзы, а также с диспергаторами мембранного типа осуществлено в 1975 г. в г. Минске (Республика Беларусь) (Патент на аэратор «БЕЛЭКПОЛЬ» №7596, авторское свидетельство Ракевич И.Л.).

Кроме дисковых аэраторов, «Белэкополь» в 1989 г. разработана конструкция и освоен выпуск гидропневмоаэратора (авт.свид. Ракевича И.Л. №1675221 от 31.07.1989г, и №1710523 от 08.10.1991г.) двух типов: ГПА-300, ГПА-400. Принцип действия см. разд.5.

Разработанным более 45 лет назад и изготавливаемым по настоящее время в Беларуси волокнисто-пористым материалом аэрационного элемента-диспергатора и аэраторами различных типов «Белэкополь» пользуются многие российские, украинские и другие зарубежные фирмы («Экополимер», «Экотон», «Этек» и др.) Однако, эти организации пошли, в основном, по пути изготовления аэраторов трубчатого типа, а скопированный ими материал из волокнисто-пористого полиэтилена изготавливается по сей день с недопустимым разбросом неоднородной сквозной пористости и имеет более низкие технологические характеристики по эффективности.

С 1975 г. при изготовлении дисковых пористых аэраторов специалистами предприятия «Белэкополь» в г. Минске постоянно ведется совершенствование конструкции дискового аэратора и, особенно, материала аэрационного элемента – диспергатора, используется разработанный «Белэкополь» алгоритм управляемой зависимости влияния размера пор на размер формируемых пузырьков воздуха и равномерность их распределения по всей поверхности аэрационного материала, крепления и оптимального размещения аэраторов с учётом эрлифтного поля.

В результате разработана новая технология и организован выпуск материала с максимальной площадью сквозной пористости, широким диапазоном однородных отверстий, способный обеспечить размер пузырьков воздуха в пределах 0,2-2 мм с оптимальным гидравлическим сопротивлением, что выводит аэраторы «Белэкополь» на уровень выше отечественных и зарубежных образцов.

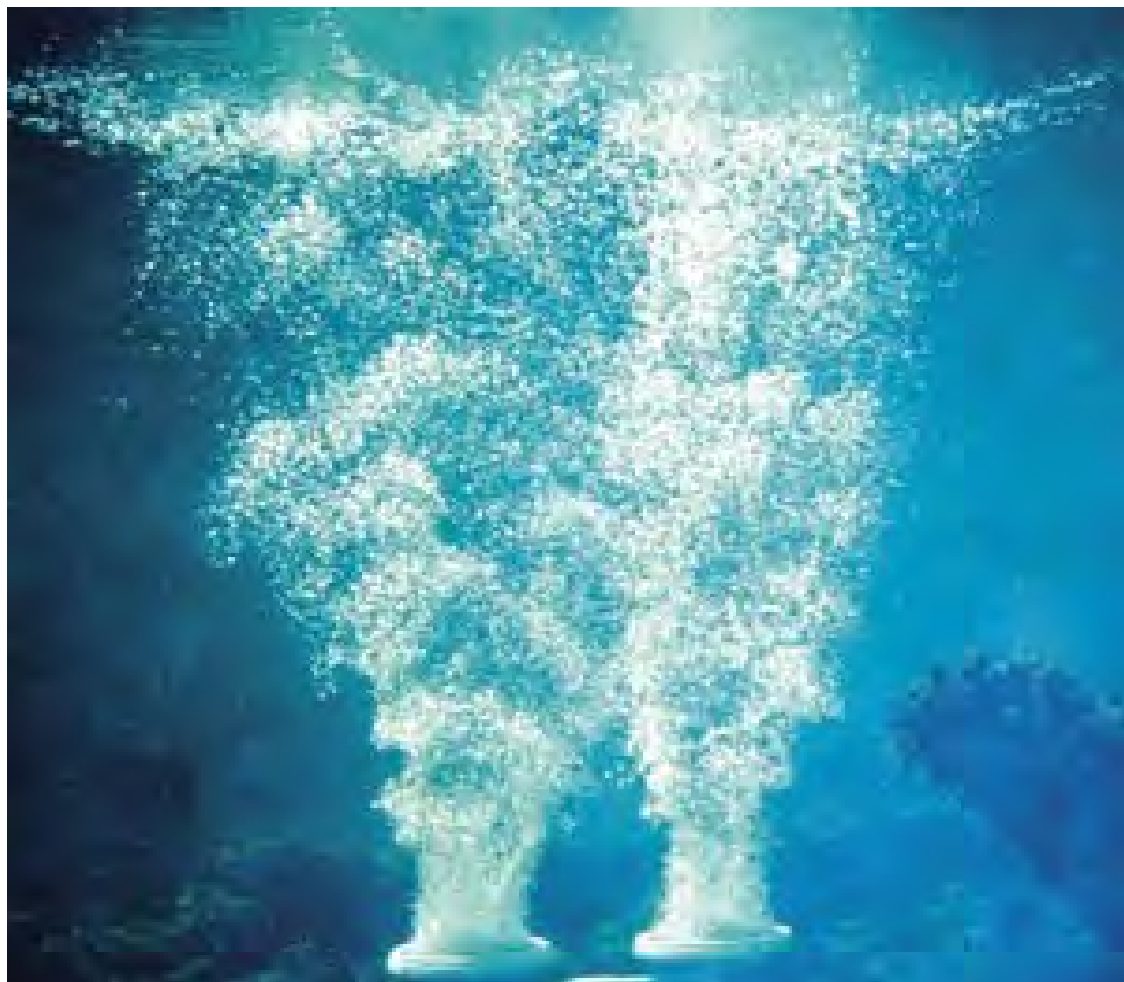
Размер пузырьков очень важен, поскольку передача кислорода происходит только с поверхности пузыря – чем больше меньших пузырей, тем больше их поверхность, тем эффективней передача кислорода. Действует фактор времени всплытия – мелкие пузырьки медленней всплывают и, соответственно, больше времени передают кислород. Установлено, что пузырьки 0,5-1 мм эффективней 3-4 мм-х в 6 раз по передаче кислорода.

Воздух, попадая в жидкость, образует над аэраторами несколько расширяющийся под углом 10 градусов по мере подъёма к верху водовоздушный факел. Внешняя часть факела состоит из жидкости, которую эжектирует или увлекает в результате турбулентного трения водовоздушной струи.

Основная часть пузырьков движется в области, окружающей аэратор, и здесь возникает интенсивное эрлифтное течение.

В результате вся жидкость в аэротенке, с учётом равномерного расположения дисковых аэраторов по всей его площади, оказывается вовлеченной в интенсивное, равномерное эрлифтное движение. Это движение обусловлено разностью плотностей жидкости и воздуха. Оно обеспечивает оптимально требуемый массообмен жидкости – интенсивное ее перемешивание.

Предприятием «Белэкполь» разработаны и изготавливаются более 45 лет пористые мелкопузырчатые аэраторы дискового типа с коэффициентом использования кислорода воздуха $30\div38\%$ (SOTE) и именно с расходом воздуха $1\div6$ м³/час с эффективностью передачи кислорода $20\div30$ гО₂/м·м³, так как именно в этом диапазоне расхода с равномерным распределением аэраторов по всей площади аэротенка существует самая высокая эффективность использования кислорода, а создаваемое при этом вокруг аэраторов равномерное интенсивное эрлифтное поле обеспечивает оптимально эффективную интенсивность аэрации.



Дисковые аэраторы «Белэкопль» позволяют уверенно создавать на основе их конструкции и характеристик систему аэрации в аэротенках с равномерным распределением аэраторов по всей площади аэротенков, что значительно сокращает, в сравнении с любыми другими аэраторами, величину требуемого расхода воздуха с самой высокой интенсивностью и эффективностью использования кислорода при низком энергопотреблении. То есть, предоставляется идеальная возможность достаточного простого изменения соотношения площади аэрации к площади аэротенка (f_{az}/f_{at}) в диапазоне от 0,1 до 1. Такое увеличение относительной ширины зоны аэрации с 0,1 до 1 снижает требуемый расход воздуха в 1,6 – 2 раза и, соответственно, приводит к снижению расхода электроэнергии и эксплуатационных затрат. В отдельных случаях снижение приведенных затрат может достигать 75%.



2. ДИСКОВЫЕ ПОРИСТЫЕ МЕЛКОПУЗЫРЧАТЫЕ АЭРАТОРЫ «БЕЛЭКПОЛЬ»

В зависимости от назначения и условий эксплуатации разработан и производится конструктивный ряд модификаций мелкопузырчатых дисковых аэраторов «Белэक्поль» с комплектацией различными сменными диспергаторами (аэрационными элементами) с различной пористостью, а именно:

- ✓ аэраторы из волокнисто-пористого полимера – АДМ – 215 ВП,
- ✓ аэраторы из гранулированных металлических порошков из нержавеющей стали, титана, оловянистой бронзы – АДМ – 215 Н,
- ✓ аэраторы мембранного типа из различных эластомеров – АДМ – 215 М.



АЭРАТОР ДИСКОВЫЙ МЕЛКОПУЗЫРЧАТЫЙ «АДМ - 215ВП», «АДМ – 215М», «АДМ – 215Н»

Диспергаторы различных типов изготавливаются в виде съёмного наружного диска одинакового размера ($\varnothing 195$ мм), поэтому возможна их взаимозаменяемость.

Кроме одинаковых размеров эти диспергаторы в аэраторе объединяет еще одинаковый оптимальный расход $1-6 \text{ м}^3/\text{ч}$. и оптимальный размер пузырьков воздуха – $0,2-2 \text{ мм}$.

В конструкции дискового пористого аэратора «Белэक्поль» предусмотрен обратный клапан, предотвращающий попадание загрязненных стоков в воздухопровод при резкой остановке воздуходувок.

Крепёжная муфта изготавливается в виде резиновой втулки с оригинальным быстроразъёмным безрезьбовым соединением и обеспечивает быстрый монтаж (демонтаж) аэратора, высокую прочность крепления аэратора к воздухо-распределительным трубопроводам секции аэрации.

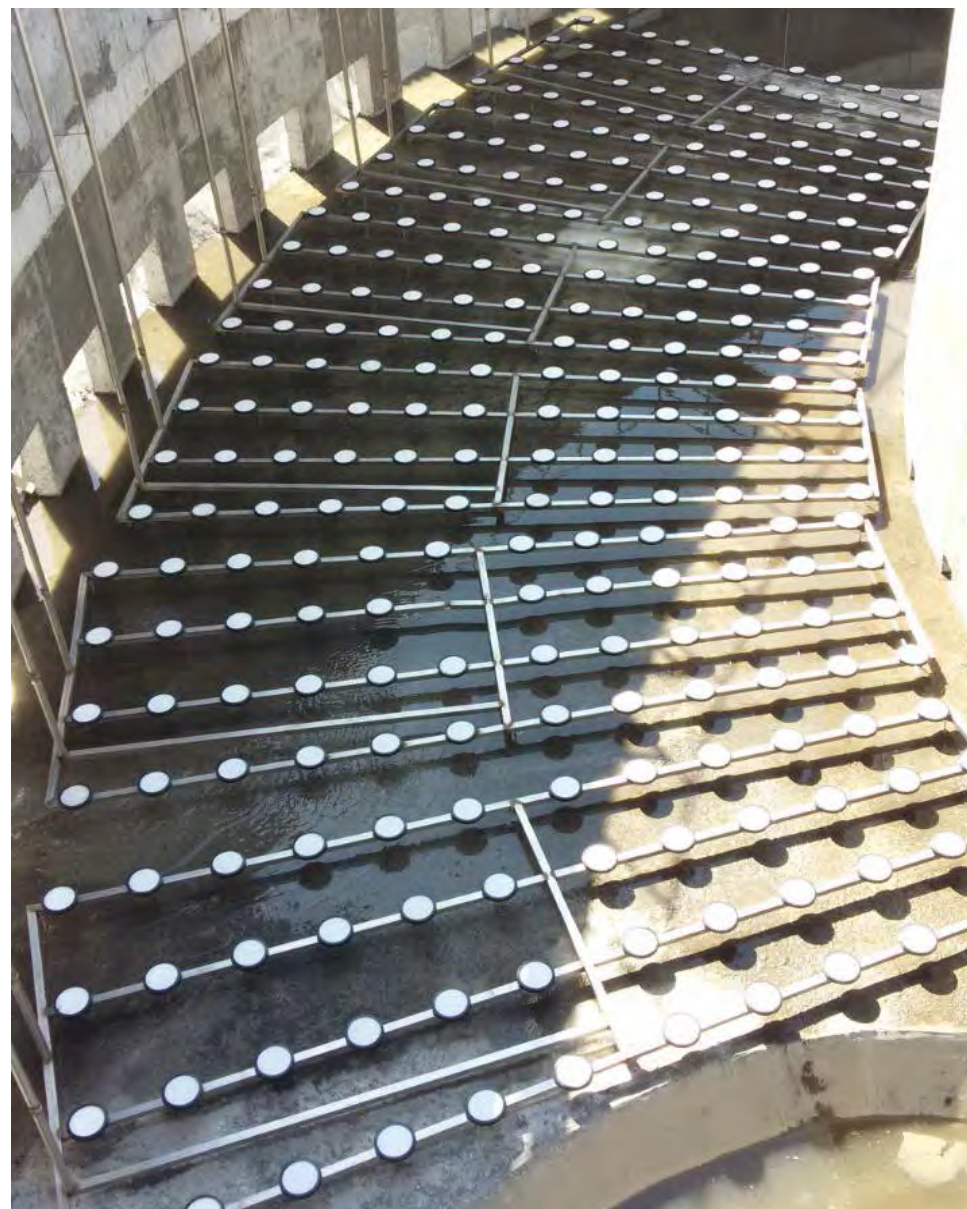
Техническая характеристика дискового волокнисто-пористого аэратора АДМ – 215ВП

Наименование показателя	Значение
Наружный диаметр корпуса аэратора, мм.	215
Максимальное рабочее давление подаваемого воздуха, МПа (кгс/см ²)	0,1 (1,0)
Производительность аэратора, м ³ /ч.	1÷6
Эффективность передачи кислорода на 1 м погружения аэратора, гО ₂ /м·м ³	20÷30
Сопротивление, кПа	0,2÷0,3
Размер пузырьков, мм	0,2÷2
Коэффициент использования кислорода воздуха, %	30÷38
Химическая стойкость к очищаемой среде (рН)	3,0÷9,0
Масса аэратора, г, не более	350

Кроме производства аэраторов, более 45 лет «Белэкполь» выполняет работы по проектированию, изготовлению, монтажу, наладке и сервисному обслуживанию стационарных или подъёмных модульных систем аэрации для очистных сооружений любой производительности для разных режимов их работы (с нитриденитрификацией).

Данные системы были поставлены, смонтированы и запущены в эксплуатацию более чем на 400 очистных сооружениях различной производительности в России, Беларуси, Казахстане, Украине, Молдавии, Литвы, Латвии, Польши, Болгарии, Израиля, при этом в ряде городов это позволило произвести замену воздуходувных агрегатов на менее мощные и сократить расход потребляемой электроэнергии до 40%.

**СИСТЕМА АЭРАЦИИ «БЕЛЭКПОЛЬ»
НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ г. ВИТЕБСК (БЕЛАРУСЬ) Q= 190 ТЫС. М³/СУТ.**



**СИСТЕМА АЭРАЦИИ «БЕЛЭКПОЛЬ»
НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ
г. СКИДЕЛЬ (БЕЛАРУСЬ)**



**СИСТЕМА АЭРАЦИИ «БЕЛЭКПОЛЬ»
НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ
г. АНАПА (РОССИЯ)**



3. ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА «БЕЛЭКПОЛЬ»

Воздухораспределительная система выполняется из стальных, пластмассовых труб или труб из нержавеющей стали, при этом она может устраиваться в виде отдельных плетей или целых секций в стационарном или подъёмном варианте.

ЭЛЕМЕНТ СЕКЦИИ АЭРАЦИИ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ С ДИСКОВЫМИ АЭРАТОРАМИ ИЗ ВОЛОКНИСТО- ПОРИСТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА (СТАЦИОНАРНЫЙ ВАРИАНТ)



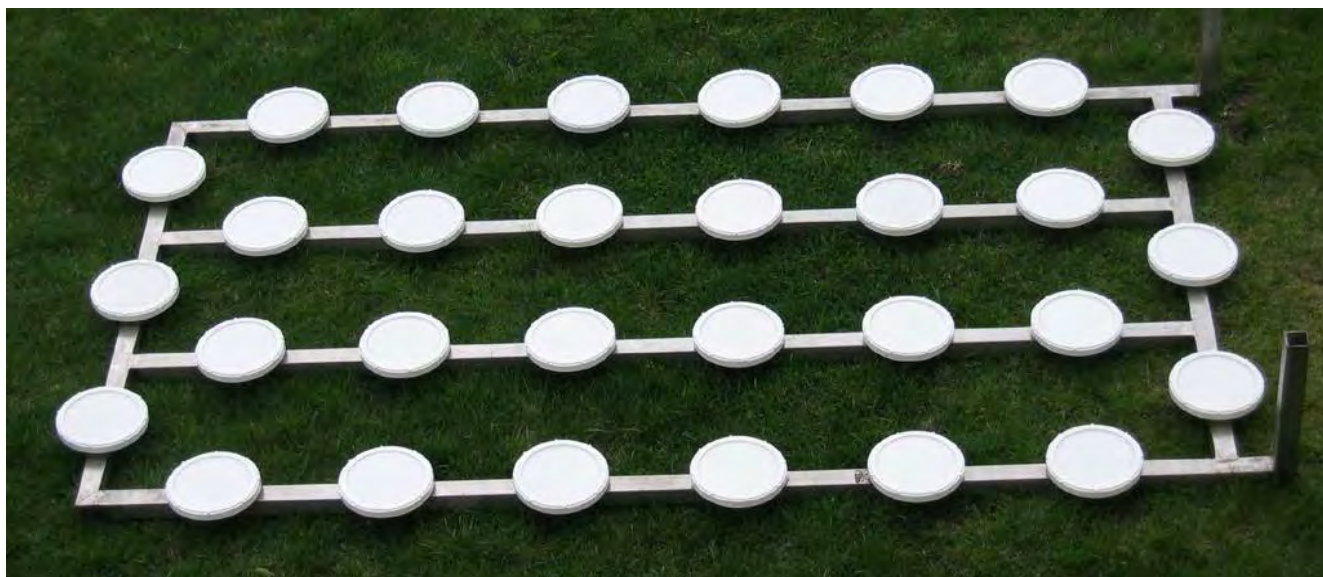
СТАЦИОНАРНАЯ СИСТЕМА АЭРАЦИИ «БЕЛЭКПОЛЬ» НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ г. ЛИДА (РБ)



СТАЦИОНАРНАЯ СИСТЕМА АЭРАЦИИ «БЕЛЭКПОЛЬ» НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КОЖЗАВОДА Г. МИНСК (РБ)



ПОДЪЁМНАЯ СЕКЦИЯ АЭРАЦИИ «БЕЛЭКПОЛЬ» ИЗ ТРУБ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ



Подъёмная система позволяет выполнить обслуживание, замену отдельных аэраторов в работающем аэротенке без его остановки. Такие конструктивные решения позволяют производить монтаж систем аэрации, их обслуживание и ремонт для любых типов аэротенков в самых сложных условиях эксплуатации.

ПОДЪЁМНЫЕ СЕКЦИИ СИСТЕМЫ АЭРАЦИИ «БЕЛЭКПОЛЬ»



4. ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМЫ АЭРАЦИИ «БЕЛЭКПОЛЬ»

- Обеспечение равномерного распределения воздуха в аэрационной системе.
- Сокращение потребления электроэнергии и эксплуатационных расходов на 75% по сравнению с другими системами аэрации.
- Высокие массообменные характеристики при низком энергопотреблении.
- Возможность использования аэратора для оптимального равномерного размещения его по всей площади аэротенка с возможностью создания эрлифтного поля.
- Обеспечение любого заданного соотношения площади аэрации к площади аэротенка.
- Возможность устройства стационарной или подъёмной системы аэрации.
- Возможность замены диспергатора или аэратора в системе аэрации на действующих сооружениях без их остановки.
- Возможность изменения однородной пористости диспергатора.
- Возможность предотвращения проникновения ила в аэратор и разводящую систему за счёт установленного в аэраторе обратного клапана.
- Ресурс использования корпуса аэратора до 30 лет (в зависимости от специфики стоков, при соблюдении правил эксплуатации).
- Ресурс использования диспергатора аэратора – 5-9 лет (без регенерации диспергатора аэратора, в зависимости от специфики стоков, при соблюдении правил эксплуатации).
- Сокращение сроков и стоимости монтажных работ блочной системы аэрации.
- Химическая стойкость, прочность и долговечность.

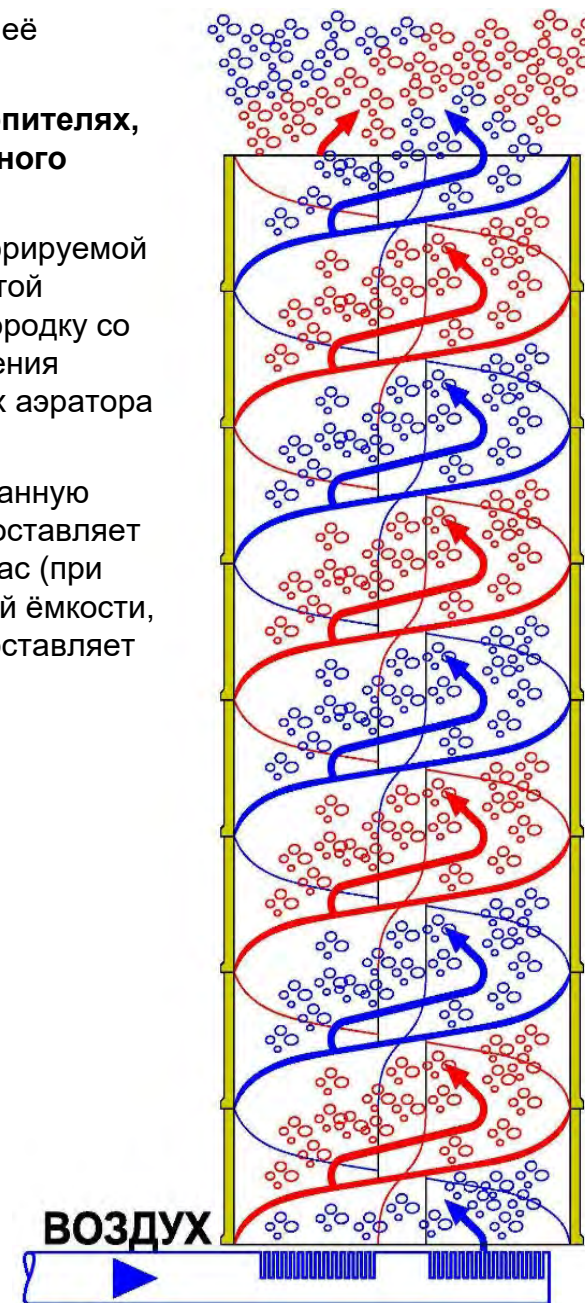
5. ГИДРОПНЕВМОАЭРАТОР «БЕЛЭКПОЛЬ»

Гидропневмоаэратор — устройство для перемешивания сточной жидкости и насыщения её кислородом воздуха.

Применяется в усреднителях, аэротенках, аэробных стабилизаторах осадков, накопителях, прудах доочистки сточных вод, в очистных сооружениях канализации агропромышленного комплекса и в рыбоводческих прудах.

Гидропневмоаэратор представляет собой вертикально установленную в резервуаре с аэрируемой жидкостью цилиндрическую трубу ($\varnothing 300$ или 400 мм.) с внутренней спиралевидной цельнолитой сегментно - блочной конструкцией, которая образует по высоте аэратора лабиринтную перегородку со шнекообразным направлением витков и узлом, выполняющим одновременно функцию крепления аэратора на воздухопровод и подачу воздуха в аэратор. Подача воздуха возможна через верх аэратора или через его нижнюю часть.

Аэрационная система с гидропневмоаэраторами позволяет обеспечить дифференцированную подачу воздуха по всей площади аэротенка. Оптимальный расход воздуха на один аэратор составляет $20-55 \text{ м}^3/\text{час}$, при этом производительность аэратора по кислороду составляет $4,5-5,5 \text{ кг/кВт}\cdot\text{час}$ (при глубине погружения аэратора 6 м). В зависимости от размеров аэратора, глубины аэрируемой ёмкости, зона действия оптимального растворения кислорода и интенсивного перемешивания стока составляет $3,0-6,0 \text{ м}$ ($7,0-28,0 \text{ м}^2$), а коэффициент использования кислорода воздуха составляет $10-20\%$.



При работе гидropневмоаэратора существует пять-шесть процессов, связанных с интенсивным перемешиванием и насыщением кислорода жидкости, а именно:

- размещаемая во внутренней части аэратора шнековая конструкция позволяет существенно увеличить (в 4-5 раз) длину пути воздушных пузырьков в жидкости,
- на каждом витке шнековой спиральной конструкции происходит интенсивная турбулизация водовоздушных вихрей с одновременным дополнительным измельчением пузырьков воздуха и перемешиванием в двух потоках аэратора газожидкостной смеси,
- высокий массообмен аэратора способствует многократному обновлению поверхности жидкости, что влечет за собой дополнительное насыщение воды кислородом поверхностного атмосферного воздуха,
- заброс пузырьков воздуха вглубь аэротенка циркулирующим через аэратор потоком жидкости многократно увеличивает время контакта фаз,
- движение двух водовоздушных потоков в противоположном закручивающем направлении на выходе из аэратора обеспечивает интенсивное перемешивание и растворение кислорода воздуха,
- в случае расположения кромки аэратора выше уровня жидкости в аэротенке появляется дополнительное насыщение воды кислородом поверхностного атмосферного воздуха, связанное с переливом воды через водослив стенок аэратора.

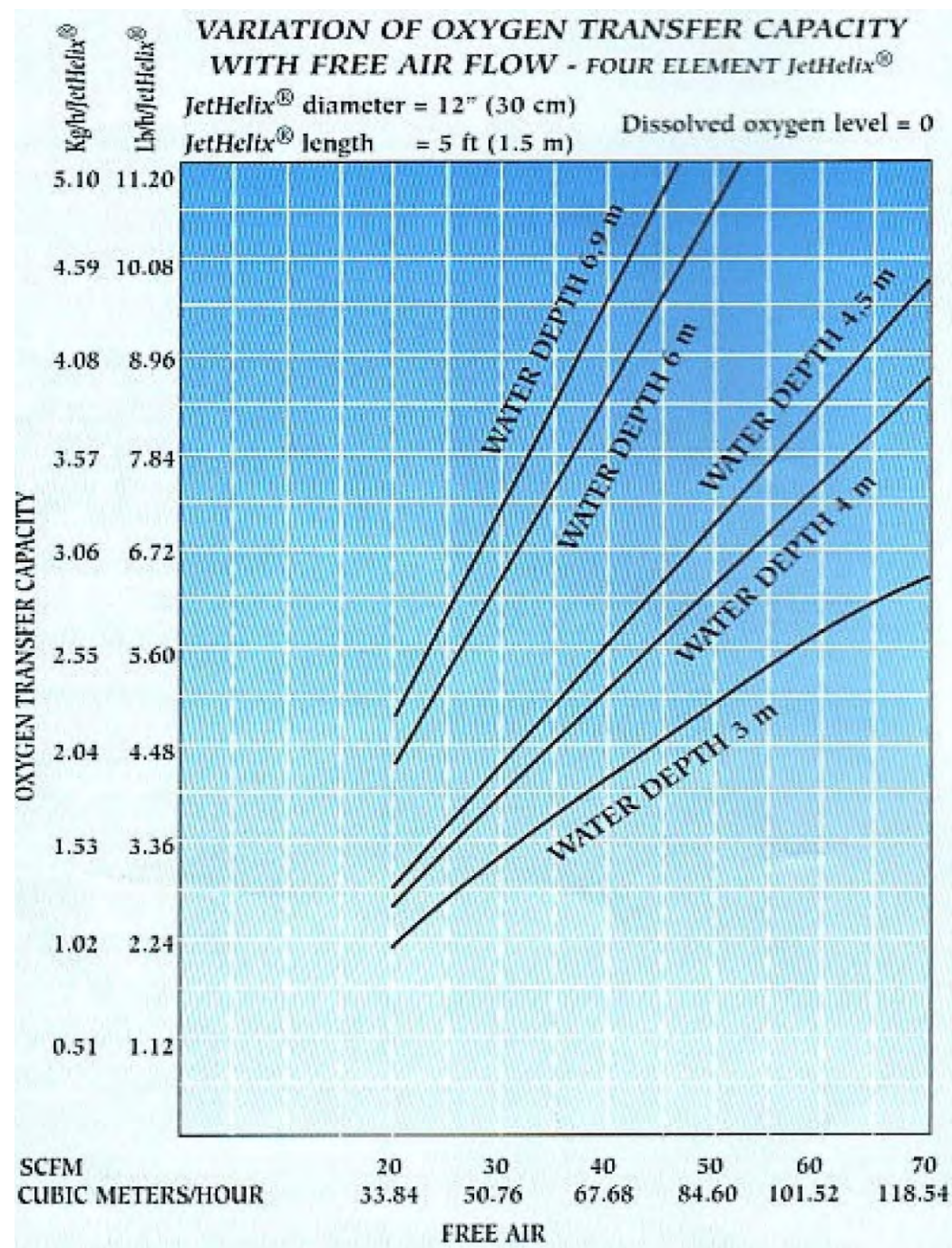


За счёт этих шести процессов, создаваемого сплошного эрлифтного поля, значительно повышается массообмен в зоне влияния аэраторов, приводящее к высокому уровню насыщения жидкости кислородом воздуха - производительность аэратора по кислороду составляет 4,5-5,5 кг/кВт·час (при глубине погружения аэратора 6 м).

Количество аэраторов, способ их расположения в аэротенке, диаметр и высота аэратора, нагрузка по воздуху определяются для каждого конкретного случая. Конструкция полностью гарантирована от биообрастаний и засорений, разрушений при гидроударах в период пуска и остановки работы аэратора.

Гидропневмоаэраторы изготавливаются из пластмассы или нержавеющей стали.

Гидропневмоаэраторы различных фирм (производство «Supratec», Германия; «Process Engineering», Италия) с различными конструктивными решениями нашли применение в ряде европейских стран (см. «График насыщения кислородом воздуха гидропневмоаэратором Helixor «Process Engineering», Италия»).



ПРИЛОЖЕНИЯ

ВЫДЕРЖКИ ИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АЭРАЦИИ

При использовании пневматической аэрации некоторое увеличение объёмного коэффициента массопередачи возможно за счет увеличения интенсивности аэрации, однако основным способом повышения окислительной способности пневматической системы аэрации, её значительной энергоэффективности нужно считать увеличение площади, занимаемой аэраторами в плане аэротенка. Это обеспечивает создание в аэротенке гидродинамических условий, способствующих увеличению скорости обновления поверхности раздела фаз, что интенсифицирует процессы массообмена.

Увеличение относительной ширины зоны аэрации с 0,1 до 1 позволяет уменьшить требуемый расход воздуха и интенсивность аэрации в 1,6 – 2 раза.

Увеличение ширины зоны аэрации приводит к снижению приведенных затрат и расхода электроэнергии в 3 раза, в результате чего эффективность возрастает до 75%.

Результаты американских исследований показали, что с точки зрения переноса кислорода самым худшим оказалось одностороннее расположение аэраторов (спиральное движение жидкости). Это объясняется тем, что основная масса воздуха уходит в атмосферу почти над аэраторами и лишь незначительная его часть вовлекается потоком жидкости к противоположной стенке.

Резкое уменьшение расхода воздуха достигается при увеличении ширины полосы аэрации с 10 до 50%. В этом случае экономится более 25% подаваемого воздуха, а производительность по кислороду составляет 5 кг/кВт·ч.

Производительность аэрационных систем была исследована как для единицы комплекта аэраторов, так и 1 м² площади аэраторов. При разных режимах подачи воздуха пропускная способность по воздуху для одного трубчатого аэратора составляет 5-20 м³/ч, для одного дискового аэратора – 2-6 м³/ч; производительность 1 м² трубчатого аэратора 41-167 м³/ч воздуха, дискового аэратора – 79-237 м³/ч воздуха. Более высокая производительность 1 м² дискового аэратора связана с тем, что только 25 –30% площади трубчатого аэратора участвует в процессе аэрации. Этот недостаток работы трубчатых аэраторов отчетливо просматривался при их испытании в прозрачных полупроизводственных установках аэротенков.

Коэффициент использования кислорода воздуха для трубчатых аэраторов составлял 4,4 – 5,3%, для дисковых аэраторов – 12-18 %.

При минимальной интенсивности аэрации 1,4 м³(м²·ч) и выше. Затраты электроэнергии на 1 кг снятой БПК₅ составили для дисковых аэраторов **0,6 кВт·ч/кг**, для трубчатых – **0,95 кВт·ч/кг**, **потери напора в дисковых аэраторах 120-130 мм против 190-220 мм по паспорту, для трубчатых аэраторов – 20-30 мм против 120-140 мм по паспорту.**

Вместе с тем **сравнение трубчатых и плоских аэраторов показало явное конструктивное и технологическое преимущество последних:** они более прочны, эффективнее и обладают более широким диапазоном применения.

Опыты, проводившиеся в Германии, показали, что передача кислорода при аэрации мелкими пузырьками составляет от 2 до 3,3 кг/(кВт·ч), а при аэрации средними и крупными пузырьками – от 1,4 до 1,8 кг/ (кВт·ч).

Расход кислорода, кг/(кг БПК)	Затраты кВт·ч/(кг БПК ₅)
<i>Трубчатые аэраторы</i>	
1,6	1,05
<i>Плоские аэраторы</i>	
1,6	0,76

Системы аэрации	Потребление электроэнергии на аэрацию при Q=5000 м³/сут
<i>Плоские пористые мелкопузырчатые аэраторы</i>	272
<i>Трубчатые пористые мелкопузырчатые аэраторы</i>	378
<i>Дырчатые трубы</i>	700

Мелкопузырчатая система аэрации в аэротенках

Для очистки городских сточных вод преимущественное распространение получили очистные сооружения, на которых биохимическое окисление основной массы органических загрязнений осуществляется в аэротенках. Прогнозы развития методов очистки сточных вод свидетельствуют о том, что и в будущем будут применяться в основном станции аэрации (самостоятельно или в комплексе с сооружениями физико-химического глубокого изъятия загрязнений).

В настоящее время в городах Российской Федерации (без Москвы и С.-Петербурга) эксплуатируются до 400 городских станций аэрации с суммарным ежесуточным притоком сточных вод более 14 млн. м³, при этом указанные станции расходуют около 6 млн. кВт·ч электроэнергии. В табл. 1 приведено потребление электроэнергии на станциях аэрации в зависимости от производительности очистных сооружений. Наибольший расход электроэнергии требуется на аэрацию сточных вод в аэротенках, на станциях производительностью 25–300 тыс. м³/сут он составляет свыше 64–80 %, с увеличением производительности станций доля энергозатрат возрастает.

Опыт эксплуатации очистных сооружений ряда городов РФ свидетельствует, что затраты электроэнергии можно сократить на 15–20 % разными способами регулирования подачи воздуха в аэротенки в течение суток в зависимости от колебания расхода и состава сточных вод. Од-

нако более существенный и стабильный эффект в экономии электроэнергии, как показывает мировой опыт, может быть достигнут за счет совершенствования аэрационных устройств.

Экономичность системы аэрации можно оценить по эффек-

тивности окисления органических веществ. В табл. 2 приведены данные эффективности окисления современных систем аэрации фирм Германии, Финляндии и других стран (глубина погружения аэратора принята 4 м, потери напора в трубопроводах

Таблица 1

Показатель	Потребление электроэнергии, млн. кВт·ч, на станциях аэрации производительностью, тыс. м ³ /сут				
	До 25	50	100	300	> 300
Удельный расход электроэнергии на станции, кВт·ч/(кг-БПК ₅)	3,9–4,3	3–3,4	2,1–2,4	1,54–1,8	1,25–1,45
В том числе на воздуходувки, кВт·ч/(кг-БПК ₅)	2,5–2,8	2–2,3	1,5–1,7	1,2–1,37	1,02–1,17
Доля энергозатрат на аэрацию от общего потребления на станции, %	64–65	67–68	72	76–78	80

Таблица 2

Нагрузка на ил, кг-БПК ₅ /((кг·сут)	Расход кислорода, кг/(кг-БПК)	Степень использования кислорода, %	Эффективность окисления, кг/(кг·ч)	Расход воздуха, м ³ /((кг-БПК ₅))	Затраты электроэнергии, кВт·ч/(кг-БПК ₅)
Трубчатые аэраторы					
0,1	1,6	9,8	1,52	58,3	1,05
0,2	1,2			43,7	0,79
0,3	1			36,5	0,66
0,4	0,87			31,6	0,57
0,5	0,8			29,1	0,53
Плоские аэраторы					
0,1	1,6	13,6	2,11	42	0,76
0,2	1,2			31,5	0,57
0,3	1			26,3	0,47
0,4	0,87			22,8	0,41
0,5	0,8			21	0,38
Механические поверхностные аэраторы					
0,1	1	-	1,54	-	1,05
0,2	1,2				0,78
0,3	1				0,65
0,4	0,87				0,56
0,5	0,8				0,52

Таблица 3

Системы аэрации	Потребление электроэнергии на аэрацию, кВт·ч/сут, при производительности станции аэрации, м ³ /сут		
	5000	50 000	500 000
Плоские пористые мелкопузырчатые аэраторы	272	2720	27 200
Механический поверхностный аэратор	373	3730	37 300
Трубчатые пористые мелкопузырчатые аэраторы	378	3780	37 800
Дырчатые трубы	700	7000	70 000

300 мм вод. ст., в аэраторе 500 мм вод. ст.). Из табл. 2 видно, что более высокой эффективностью окисления обладают плоские аэраторы.

Интерес представляет также оценка затрат общего энергопотребления отдельными системами аэрации. Характерные значения этих данных для очистных сооружений различных мощностей, приведенные в табл. 3, показывают, что путем правильного подбора и использования аэрационных систем с наиболее высоким коэффициентом окисления достигается значительное сокращение расхода электроэнергии для очистки сточных вод. Поэтому не случайно модернизации и созданию новых типов аэрационных устройств уделялось большое внимание.

Все вышеперечисленные системы аэрации применяются в отечественной практике, причем наибольшее распространение получила мелкопузырчатая пневматическая аэрация с распределением воздуха через фильтросные пластины и трубы. Однако накопленный опыт эксплуатации свидетельствует об их существенных недостатках, которые связаны со сложностью и трудоемкостью заделки в каналы пластин и труб.

Частые нарушения крепления пластин к каналам и образование трещин в местах соединения фильтросных труб приводят к непроизводительному расходованию воздуха, перерасходу электроэнергии, отрицательно влияют на технологический про-

цесс очистки сточных вод. Капитальный ремонт фильтросных пластин, труб и каналов, как правило, приходится производить через каждые 3–5 лет с выключением аэротенков из работы на длительное время, что связано с большими трудностями в эксплуатации и материальными затратами.

Отмеченные недостатки можно исключить, применяя аэрационные устройства, изготовленные из пластмассы с распределением воздуха через пористые полиэтиленовые пластины. Такие устройства полностью изготавливаются на заводе, поставляются комплектно, просты в монтаже и эксплуатации, эффективны в работе.

В НИИ КВОВ совместно с БЕЛКТИ (Беларусь), НПО Пластик, Сочинским Водоканалом и МЖКХ Молдовы проведены сравнительные испытания различных типов аэраторов в лабораторных, полупроизводственных и производственных условиях. Испытанию подвергались наиболее распространенные в мире аэраторы, обладающие высокими технико-экономическими характеристиками: пористые полиэтиленовые тарельчатые и трубчатые аэраторы фирмы «Нокиа» (Финляндия), керамические дисковые и трубчатые аэраторы фирмы «Шумахер» (Германия), тканевые трубчатые аэраторы фирмы «ЮИТ» (Финляндия) и др.

Аэраторы были смонтированы в четырех секциях аэротенков-отстойников на станции

очистки сточных вод производительностью 200 м³/сут на испытательном полигоне НИИ КВОВ. Размеры каждой секции аэротенков-отстойников: длина 3 м, ширина 6 м, глубина 3 м. Объем аэротенка-отстойника 50 м³, глубина погружения аэраторов 2,7 м, система аэрации оснащена соответствующими контрольно-измерительными приборами.

Все испытанные аэраторы показали высокую эффективность в работе, однако по ряду показателей: стоимости, масса, трудоемкость изготовления, долговечность, легкость в монтаже, возможность регенерации – предпочтительнее оказались пластмассовые аэраторы (трубчатые и дисковые) финского производства, и именно они были рекомендованы для дальнейших исследований.

Проверка данных аэраторов в производственных условиях проводилась на очистных сооружениях г. Флорешти (Молдова) совместно с МЖКХ Молдовы и финскими специалистами. В процессе испытаний были проанализированы основные факторы, влияющие на общую эффективность работы очистной станции. В первую очередь – это производительность трубчатых и дисковых аэраторов, эффект очистки сточных вод по основным показателям, устойчивое наличие растворенного кислорода в аэротенках, затраты электроэнергии на аэрацию. Выполнена также сравнительная оценка величин минимальной необходимой интенсивности аэрации в пластмассовых трубчатых и дисковых аэраторах по сравнению с аэраторами из керамических и дырчатых труб.

Производительность аэрационных систем была проверена как для единицы комплектов аэраторов, так и 1 м² площади аэраторов. При разных режимах подачи воздуха пропускная способность по воздуху для одного трубчатого аэратора составляет 5–20 м³/ч, для одного дискового аэратора – 2–6 м³/ч; производи-

Таблица 4

Месяц	БПК, мг/л		Взвешенные вещества, мг/л		ХПК, мг/л	
	вход	выход	вход	выход	вход	выход
Декабрь	229	18/16	202	21/16	286	64/61
Январь	184	17/14	109	21/12	223	62/59
Февраль	168	18,8/15	101	19/13	276	73/68
Март	244	18/16	168	19/13	460	58/51
Апрель	119	9,1/9,5	122	16/15,5	194	60/55
Май	200	14,4/13,7	106	13,7/13,8	295	69/67
Июнь	144	15,7/13,6	145	20/15,2	245	59/50
Июль	184	18/12,8	136	17/16	283	58/52

Примечание. Числитель — с трубчатыми аэраторами, знаменатель — с дисковыми аэраторами.

тельность 1 м² трубчатого аэратора 41–167 м³/ч воздуха, дискового аэратора 79–237 м³/ч воздуха. Более высокая производительность 1 м² дискового аэратора связана с тем, что только 25–30 % площади трубчатого аэратора участвует в процессе аэрации. Этот недостаток работы трубчатых аэраторов отчетливо просматривался при их испытании в прозрачных полупроизводственных установках аэротенков.

В табл. 4 приведены технологические данные эффекта очистки сточных вод по БПК, взвешенным веществам и ХПК обеих систем аэраторов в эксплуатационных условиях. Как видно из табл. 4, за весь период испытаний показатели очистки были высокими и приблизительно равными. Растворенный кислород в секциях аэротенков поддерживался в пределах 3–4 мг/л (в отдельные периоды суток 3–10 мг/л), минимальная интенсивность аэрации, исключая выпадение ила в осадок, составила 1,4 м³/(м²·ч) [в СНиП 2.04.03–85 для общепринятых типов аэраторов рекомендуется интенсивность 5 м³/(м²·ч)], коэффициент использования кислорода воздухом для трубчатых аэраторов составлял 4,4–5,3 %, для дисковых аэраторов — 12–18 %. Проверка наличия отложения на дне аэротенка с дисковыми аэраторами показала, что при минимальной интенсивности аэрации 1,4 м³/(м²·ч) и выше ил не выпадает

и сохраняется однородность иловой смеси по всей высоте аэротенка. В аэротенках с трубчатыми аэраторами отложение ила на дне сооружения предотвращается при минимальной интенсивности аэрации 4,5 м³/(м²·ч) и выше. Затраты электроэнергии на 1 кг снятой БПК составили для дисковых аэраторов 0,6 кВт·ч/кг, для трубчатых — 0,95 кВт·ч/кг, потери напора в дисковых аэраторах 120–130 мм против 190–220 мм по паспорту, для трубчатых аэраторов — 20–30 мм против 120–140 мм по паспорту.

Таким образом, лабораторные, полупроизводственные и производственные испытания различных типов аэраторов показали следующие результаты: высокоэффективная подача сжатого воздуха за весь период испытаний аэраторов на разных этапах, стабильная очистка сточных вод; высокая пропускная способность всех типов испытываемых аэраторов по воздуху; незначительные потери напора; относительно низкие затраты электроэнергии по сравнению с традиционными аэраторами; легкость и быстрота монтажа; низкая металлоемкость и отсутствие коррозии; возможность регенерации аэрационной системы, исключая трудоемкий процесс опорожнения аэротенков.

Эти данные убедительно доказали необходимость создания и широкого применения аналогичных систем в нашей стране, что в последующем и было осу-

ществлено. Вместе с тем сравнение трубчатых и плоских аэраторов показало явное конструктивное и технологическое преимущество последних: они более прочны, эффективнее и обладают более широким диапазоном применения. Поэтому на дальнейшем этапе разработки пластмассовой мелкопузырчатой системы аэрации основное внимание было уделено именно этим типам аэраторов.

При создании мелкопузырчатой системы аэрации из пластмасс основное внимание уделялось разработке пористой воздухохораспределительной пластины, в которой формируются и из которой выходят мелкие пузырьки сжатого воздуха в жидкостном пространстве аэротенка. Был соблюден ряд основополагающих условий, факторов и параметров, которые имеют определяющее значение при образовании мелких пузырьков воздуха и его распределении в толще аэротенка.

Влияние размера пузырьков воздуха на коэффициент использования кислорода и на процесс массопередачи отражено в отечественной и зарубежной литературе. Согласно этим работам, пневматическая система аэрации разделена на две основные: мелкопузырчатую (диаметр пузырьков воздуха 2–3 мм) и среднепузырчатую (диаметр 10–12 мм) системы аэрации. Большое значение имеет однородность пузырьков воздуха, которая определяет величину среднего диаметра пузырьков в воде.

Результаты ряда исследований, в том числе проведенных в НИИ КВОВ и Беларуси, свидетельствуют, что максимального значения коэффициенты массопередачи и использования кислорода для мелкопузырчатой системы аэрации достигают при среднем диаметре пузырьков 2–2,5 мм и снижаются в 1,5–2,5 раза при отклонении диаметра пузырьков от этих размеров. Поэтому в разрабатываемые аэраторы был заложен данный параметр (диаметр пузырьков 2–2,5 мм).

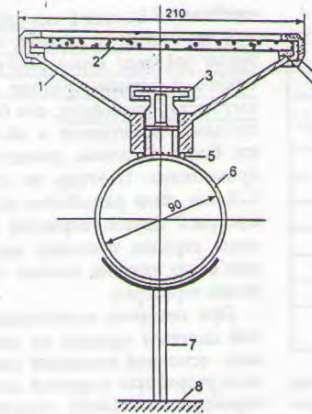


Рис. 1. Пластмассовый мелкопузырчатый аэратор НИИ КВОВ с двухслойной пористой пластиной
1 - корпус аэратора; 2 - двухслойная пористая пластина; 3 - обратный клапан; 4 - зажимное кольцо; 5 - резиновое уплотнение; 6 - воздухопровод; 7 - стойка; 8 - дно аэротенка

На формирование пузырьков воздуха определенных размеров существенное влияние оказывает пористая структура аэрационного элемента, которая для пористой полиэтиленовой пластины определяется тремя независимыми параметрами: диаметром гранул, объемной плотностью и толщиной пластины. Экспериментальным путем на испытательном стенде были определены размеры гранул, пористость пластины и ее толщина, обеспечивающие формирование пузырьков воздуха мелкопузырчатого размера. Толщина пластины в пределах 8–12 мм не оказывает существенного влияния на диаметр пузырьков.

Совместные работы НИИ КВОВ и БЕЛКТИ определили общие подходы к изготовлению и серийному производству аэраторов (материалов пористой пластины и корпуса аэраторов, способов их закрепления на магист-

ральных воздуховодах и др.) с учетом имеющегося опыта ведущих зарубежных фирм. Разработаны два типа аэратора конструкции НИИ КВОВ и конструкции БЕЛКТИ. Основное отличие их друг от друга заключается в использовании разного материала и способа изготовления пористой воздухохораспределительной пластины.

Аэраторы НИИ КВОВ (рис. 1) имеют следующие параметры: диаметр аэратора 210 мм; размер пузырьков воздуха 2–2,5 мм; расчетное количество воздуха через один аэратор 5–8 м³/ч; потери напора 100–200 мм вод. ст., коэффициент использования воздуха 15–25 % (рис. 2); срок эксплуатации — не менее 20 лет.

Производственные испытания аэраторов осуществлены на очистных сооружениях канализации г. Сочи (рис. 3) и на нескольких объектах канализации Московской обл. (Павловский Посад, Сергиев Посад, Монино и др.). Данными аэраторами оснащены также станции для очистки сточных вод «Ручей», которые в настоящее время широко вне-

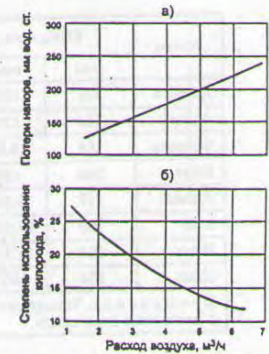


Рис. 2. Потери напора (а) и производительность по использованию кислорода (б) мелкопузырчатых пластмассовых аэраторов НИИ КВОВ

ряются в практику и успешно эксплуатируются.

Наблюдения при испытании и эксплуатации показали, что разработанные НИИ КВОВ аэраторы по сравнению с традиционными керамическими пластинами и трубами обеспечивают снижение капитальных затрат на 40–50 %, затрат монтажных работ на 50 %, энергозатрат на 25–30 %. С точки зрения проведения технологического процесса в аэротенке разработанные аэраторы по сравнению с другими типами аэрации имеют ряд преимуществ:

равномерное и плавное перемешивание смеси активного ила по всему объему аэротенка исключает наличие застойных зон в аэротенке, предотвращает разбивание хлопьев ила и улучшает осаждение во вторичном отстойнике;

достигается оптимальное перемешивание активного ила и равномерность распределения содержания кислорода, что в свою очередь обеспечивает более полное проведение процесса биологической очистки;

значительно сокращается наличие бактериаль-

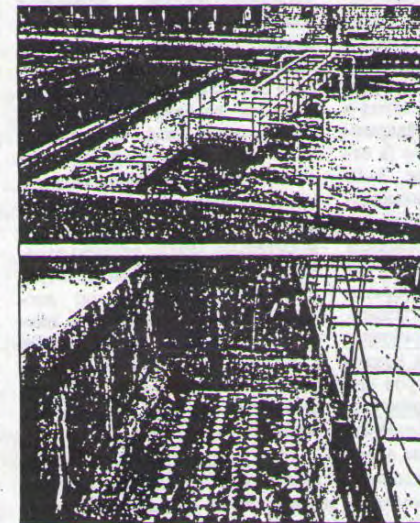


Рис. 3. Аэротенки, переоборудованные на мелкопузырчатую систему аэрации НИИ КВОВ

ных аэрозолей над аэротенками и в целом на территории очистных сооружений.

Проверка аэраторов в масштабе городской очистной станции показала, что использование аэрационных элементов из пористого полиэтилена, имеющих в 4 раза меньшую площадь рабочей поверхности, чем фильтросные пластины, позволяет выполнять днище аэротенка с развитыми аэрационными системами и изменять ширину зоны аэрации в более широких пределах, что является предпосылкой сокращения необходимой величины интенсивности аэрации.

Возможность повышения эффективности работы аэрационной системы при увеличении ширины зоны аэрации (соотношения площадей аэрируемой зоны и аэротенка f_{ax} / f_{ai}) отражена в действующих нормативах. Согласно СНиП, увеличение относительной ширины зоны аэрации с 0,1 до 1 позволяет уменьшить требуемый расход воздуха и интенсивность аэрации в 1,6 раза. Однако из-за широкого использования в системах пневмоаэрации стандартных фильтросных пластин и труб увеличение ширины зоны аэрации не достигнимо и составляет 0,1–0,3.

Основным препятствием увеличения ширины зоны аэрации на основе стандартных фильтросных пластин является невозможность устройства многочисленных фильтросных каналов по всему днищу аэротенка. Кроме того, увеличение числа фильтросных пластин и уменьшение общего расхода воздуха приведет к тому, что нагрузка по воздуху на один элемент фильтросной пластины будет меньше рекомендованной величины (80–120 л/мин). В результате фильтросные элементы (или подобные типы аэраторов) будут работать частью рабочей поверхности, т. е. наступит режим «захлебывания».

Технико-экономический расчет мелкопузырчатой системы аэрации с плоскими пластмассовыми аэраторами для различных

«Служба - Водтехносервис»

Тел.: (095) 245-98-26
Факс: (095) 245-95-61
E-mail: vtsserv@cityline.ru



Сертифицированные очистные сооружения:

- «БРИЗ-М» – для глубокой биологической очистки бытовых сточных вод производительностью от 5 до 5000 м³/сут
- «БРИЗ-Л» – для очистки ливневых (нефте содержащих) сточных вод производительностью до 50 м³/ч

Область применения: для очистки ливневых, бытовых и близких к ним по составу сточных вод в условиях автономного обеспечения индивидуальной жилой застройки (коттеджные поселки, дома отдыха, пансионаты, лагеря, объекты малого и среднего бизнеса).

«С-ВТС» обеспечивает:

- разработку и согласование индивидуальных проектов очистных сооружений, типовые проектные решения
- поставку очистных сооружений с комплектующим оборудованием
- авторский надзор за СМР и пусконаладочные работы
- гарантийное и постгарантийное обслуживание

Почтовый адрес:
119992, Москва, Г-48, ГСП-2,
Комсомольский пр-т, д. 42, стр. 2

значений параметра f_{ax} / f_{ai} (0,1; 0,3; 0,5; 1) показал, что при прочих равных условиях увеличение ширины зоны аэрации приводит к снижению приведенных затрат. Например, для мелкопузырчатой системы аэрации с параметром $f_{ax} / f_{ai} = 1$ по сравнению с аэрационной системой при $f_{ax} / f_{ai} = 0,1$ увеличение капитальных вложений на 65 % компенсируется сокращением эксплуатационных затрат за счет снижения интенсивности аэрации и расхода электроэнергии в 3 раза, в результате чего приведенные расходы снижаются до 75 %.

В результате проведенных мероприятий разработан технологический регламент изготовления пористых аэрационных пластин из полиэтилена и освоено их промышленное производ-

ство. Способ изготовления пористых аэрационных пластин защищен патентом РФ. Разработаны и созданы оснастки для изготовления корпусов аэраторов из полиэтилена, освоено их серийное производство.

Расчет, проектирование (или техническое задание на проектирование), изготовление и поставка мелкопузырчатой системы аэрации из полиэтилена осуществляется НИИ КВОВ.
Тел.: 491-09-04, тел./факс: 491-55-03.

Пат. 1666476 РФ, МКИ С 08 G 9 / 24, С 08 L 23106. Способ изготовления пористых изделий из полиэтилена / Р. Ш. Непаридзе, В. Ф. Афанасьев, Г. А. Острецов и др. // Открытия. Изобретения. 1991. № 28.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

коммунального хозяйства и бытового обслуживания

ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПРАВЛЕНИЕ

Москва, К-1, Треструдный пер., 11/13, ком. 131

Телефоны: 299-83-00, 299-85-81, 299-88-02

З. 1999. Т. 10 № 10

№ 1004

17 декабря 1979. № 1002

Уважаемый Г. Ракевич И.Д. !

Президиум Центрального правления НТО коммунального хозяйства

и бытового обслуживания присудил Вам вторую премию за работу "Подъемные секции с коррозионностойкими пневмоаэраторами из спеченных металлических порошков".

представленную на всесоюзный конкурс "На лучшую конструкцию аэрационных систем в сооружениях по биологической очистке сточных вод".

Благодарим Вас за участие в конкурсе и выражаем уверенность, что Вы и впредь будете активно участвовать в научно-технической работе.

Желаем Вам дальнейших творческих успехов.

Заместитель председателя

М.И. Фрумкин

КМС ВСНТО, зак.

№, тир. 60, 17.12.79г.