

УДК 502/504:628.1

С. С. САВУШКИН, С. М. ДАВШАН

Федеральное государственное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения
«Радуга», Коломна

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ОТКРЫТЫХ ВОДОЕМАХ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АЭРАЦИИ

Предложена технология и технические средства аэрирования воды в открытых водоемах, для ускорения процесса биологической очистки сточных вод сельскохозяйственных предприятий, аэрирования воды (насыщения кислородом до 100 %) рыбоводных водоемов. Представлена конструкция аэратора эжекторного типа и технологические схемы аэрирования рыбоводных прудов. Дан расчет потребности аэраторов для оптимального обеспечения рыбоводных прудов кислородом.

Аэрированные воды, открытые водоемы, биологическая очистка сточных вод сельскохозяйственных предприятий, обеспечение рыбоводных прудов кислородом, аэратор А-15.

There are proposed some technical means for water aeration in the open ponds used to accelerate biological purification of waste water from farm enterprises and for water aeration (water saturation with oxygen up to 100%) in fish breeding ponds. The aerator design of an ejector type is presented as well as technological schemes of aeration. There is given an estimation of aerators demand for the optimal providing of fish breeding ponds with oxygen.

Aerated water, open ponds, biological treatment of waste water of agricultural enterprises, provision of fish breeding ponds with oxygen, aerator A-15.

Всероссийским научно-исследовательским институтом систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» разработана технология и технические средства аэрирования воды в водоемах. Аэрирование воды — это процесс обогащения воды кислородом за счет принудительной подачи и растворения в ней воздуха.

Система глубинного аэрирования используется для ускорения процесса биологической очистки сточных вод сельскохозяйственных животноводческих и перерабатывающих предприятий, аэрирования воды (насыщения кислородом до 100 %) рыбоводных водоемов.

Биологическая очистка загрязненной органическими соединениями воды с отходами животноводческих и перерабатывающих предприятий, работающих полностью или частично на оборотной воде, за счет подачи в них кислорода очень эффективна, по сравнению с другими видами очистки малоэнергоёмка и экологически безопасна. Время очистки снижается в

1,4–1,6 раза. Особенно эффективна система аэрирования на небольших предприятиях, удаленных от крупных водоисточников.

Широко используется аэрация и при выращивании рыбы в нагульных и зимовальных прудах. За счет повышения содержания кислорода в воде увеличивается плотность посадки рыбы в пруду и благодаря этому увеличивается выход рыбы с единицы площади пруда. Использование аэрации в зимнее время увеличивает содержание кислорода в прудах, что позволяет исключить замор рыбы.

Пополнение кислорода в водоемах осуществляется за счет применения специальных аэраторов. Во ВНИИ «Радуга» разработано несколько конструкций аэраторов эжекторного типа. Отличительная особенность таких аэраторов — они не имеют вращающихся и движущихся частей. Это обеспечивает снижение энергоёмкости не повреждает рыбу в водоемах, увеличивает общую надёжность работы системы.

Подача аэрированной воды может осуществляться в зависимости от условий работы на глубину 0,5...4,0 м за счет подающих труб. Разработаны две основные технологические схемы аэрирования рыбохозяйственных водоемов с применением механических средств аэрации: а) с активным водообменом — после того как вода отработается и обескислородится она сбрасывается из водоема с одной стороны пруда, а с противоположной стороны поступает свежая, обогащенная растворенным кислородом вода, т.е. процесс происходит в проточных водоемах; б) без водообмена, но с массовым перемешиванием при помощи средств аэрации, в ходе чего в воде восполняется растворенный кислород, поглощаемый водными организмами, в том числе рыбой.

Первую схему используют на зимовальном участке или в бассейнах с увеличенной плотностью посадки рыбы, вторую — в различных вариантах для аэрации летних нагульных и выростных прудов, практически проточных.

Основные технические характеристики аэратора А-15, разработанного ВНИИ «Радуга»:

подача воды (производительность по воде) — 13,3...16,4 л/с;

рабочий напор на входе в аэратор — 20...30 м;

подача воздуха (производительность по воздуху) — 3,1...3,8 л/с;

глубина подачи аэрированной воды — до 3,5 м;

диаметр входного патрубка — 60 мм;

число секций подающей труб — 6;

длина каждой секции — 500 мм;

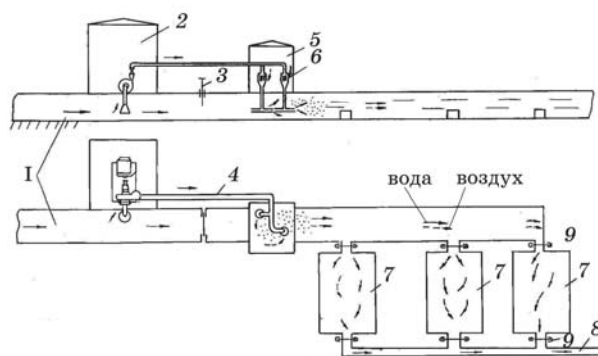
габаритные размеры отражателя-распределителя — 500 мм (диаметр), 1500...4000 мм (высота);

масса аэратора — 10 кг;

масса комплекта в сборе — 60 кг;

срок службы — 15 лет.

Аэраторы размещаются в камере, где температура воздуха в зимнее время автоматически поддерживается в пределах +2 ... +5 °С.



Технологическая схема системы аэрации воды в водоподающем канале: 1 — водоподающий канал; 2 — насосная установка или станция; 3 — затвор (для обеспечения необходимого уровня воды в канале перед водозабором); 4 — напорный трубопровод; 5 — аэриционная камера; 6 — аэраторы; 7 — пруды (зимовальные участки); 8 — сбросной канал; 9 — шандоры

Насосная станция 2 подает воду с необходимым напором к аэраторам 6. Проходя внутри аэратора, вода захватывает воздух, образуя водно-воздушную смесь. Аэрированная вода по водоподающему каналу 1 направляется в зимовальные пруды 7. Отработавшая в прудах вода отводится в сбросной канал 8 и сбрасывается в реку.

Отличие второй схемы системы аэрации: аэратор непосредственно опускается в пруд.

Аэратор А-15 испытывали при различных условиях его использования: когда отражатель-распределитель был опущен на глубину 0,3 м и когда он с помощью подающей трубы длиной 2 м находился на глубине 2,45 м. При этом измеряли давление на входе в аэратор с помощью манометра и расход воды через аэратор расходомером.

В случае работы аэратора с подающей трубой одновременно производили замеры расхода воздуха и воды. Результаты приведены в табл. 1.

Полученные данные показали, что при рабочем напоре воды на входе в аэратор 20...30 м диапазон расхода аэрируемой воды зависел от глубины погружения отражателя-распределителя и составил 12...16 л/с. При этом в наиболее сложных условиях

Таблица 1

Расходно-напорная характеристика аэратора А-15

Напор на входе в аэратор H , м	С подающей трубой (глубина погружения аэратора 2,5 м)		Без подающей трубы (глубина погружения аэратора 0,3 м)	
	Расход воды Q_1 , л/с	Расход воздуха W_1 , л/с	Расход воды Q_2 , л/с	Расход воздуха W_2 , л/с
20	12,0	5,0	13,5	5,6
22	12,5	5,1	14,0	5,7
24	13,0	5,2	14,5	5,8
26	13,5	5,3	15,0	5,9
28	14,0	5,4	15,5	6,0
30	14,5	5,5	16,0	6,1

эксплуатации, когда глубина подачи аэрированной воды от поверхности водоема достигала порядка 2,5 м, аэратор обеспечивал достаточно высокий расход воздуха, и при тех же напорах он изменялся от 5,0 до 5,5 л/с, что доказывает его эффективность.

Аэраторы можно использовать как в одиночном исполнении, так и при групповом их соединении, в зависимости от особенностей систем аэрации в хозяйствах. Необходимое число аэраторов определяют расчетом. Для этого составляют баланс по кислороду в зимовальном пруду, покрытом льдом (расчетный режим):

$$Q_n \rho_n = \Pi + Q_c \rho_c,$$

где Q_n — расход подачи аэрированной воды, л/с; Q_c — расход сбросной воды, л/с; ρ_n — содержание кислорода в аэрированной воде, мг/л; ρ_c — содержание кислорода в сбросной воде, мг/л; Π — потребление кислорода рыбой, мг/с.

При равенстве значений расхода подачи и сброса

$$Q(\rho_n - \rho_c) = \Pi.$$

Расход аэрированной воды для обмена

$$Q = \frac{\Pi}{\rho_n - \rho_c}, \tag{1}$$

где $\Pi = \Pi F G$; Π — потребление кислорода на 1 т рыбы, мг/с; G — плотность посадки рыбы, т/га; F — площадь пруда, га.

Для обеспечения потребности 1 т рыбы необходимо подавать в пруд воду

для водообмена — 2...3 л/с [1, 2].

Содержание кислорода в воде можно подсчитать по следующей формуле:

$$\Pi = 0,2 Q_n \rho_n, \tag{2}$$

где Q_n — подача воды в пруд (2...3 л/с); ρ_n — среднее содержание кислорода в подаваемой воде, мг/л.

Примем для расчета: $\rho_n = 6...8$ мг/л.

Получим: $\Pi = 2,4...4,8$ мг/с при температуре не менее 5 °С. Эти значения можно принять для дальнейшего обоснования технологических параметров зимовальных прудов. При повышении температуры воды потребление кислорода возрастает примерно на 50 % на каждые 10 °С повышения температуры.

Расход аэрированной воды на 1 т посадки рыбы определяется по формуле (1) при $G = 1$. Рассчитанные значения приведены в табл. 2.

Полный расход воды можно определить через удельный расход по зависимости

$$Q = \bar{Q} F G,$$

где \bar{Q} — удельный расход воды, л/с.

Необходимое число аэраторов (A) рассчитывается по следующей формуле:

$$A = Q/q,$$

где Q — требуемый расход аэрированной воды, л/с; q — расход воды аэратором, л/с.

Расход аэратора принимается по данным технической характеристики. Потребляемую системой аэрации

Таблица 2

Расход аэрированной воды на 1 т рыбы, л/с

$\rho_n - \rho_c$, мг/л	Потребление кислорода Π , мг/с				
	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
1	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
2	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0
3	0,83	1,0	1,33	1,67	2,0
4	0,86	0,75	1,0	1,25	1,5
5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2

мощность определяют по формуле

$$N = \frac{QH}{102\eta},$$

где N — мощность, кВт; η — коэффициент полезного действия насосного агрегата; Q — общий расход аэрированной воды, л/с; H — напор, развиваемый насосом, м;

$$H = H_r + h_{тр} + H_c,$$

где H_r — геодезическая высота, м; $h_{тр}$ — поте-

ри напора по длине трубопроводов, м; H_c — свободный напор на аэраторе, принимаемый по табл. 1, м.

Потребляемую мощность при различном количестве аэраторов и равной геодезической высоте ориентировочно можно принимать по табл. 3. Помимо аэраторов в состав технологического оборудования системы аэрации входят трубопроводы и насосно-силовое оборудование.

Таблица 3

Потребляемая мощность, кВт

Число аэраторов	Геодезическая высота, м			
	0	5	10	15
1	5,65	6,8	7,9	9,05
2	11,30	13,60	15,8	18,10
3	17,0	20,4	23,7	27,1
4	22,6	27,2	31,6	36,2
5	28,25	34,0	39,5	45,25

Эффективность работы аэраторов подтверждается применением их при реконструкции Березняковского рыбноводного завода ТОО «Рыбоводстрой» (Сахалинская область). Система аэрации грунтовой воды при эксплуатации восьми аэраторов А-6 с расходом 6 л/с каждый на этом заводе обеспечивает стопроцентное насыщение воды кислородом (начиная с 74,1 %) при давлении от 10 м и выше (данные А. В. Комарова).

Предложенные системы аэрации внедрены в технических проектах в рыбхозах «Нара» Наро-Фоминского района и «Осенка» Коломенского района Московской области. Предложения по оснащению системой аэрации рыбноводных прудов переданы в другие регионы Российской Федерации.

Выводы

Использование аэратора с подачей оборотной воды 6 л/с позволит повысить норматив посадки на 1 га нагульного пруда в два раза, а аэратора с подачей 15 л/с — в три раза, т. е. в конце сезона можно получить товарной рыбы 45 или 68 ц/га соответственно, что превысит среднюю продуктивность в 3–3,5 раза.

Помимо стационарных установок, оснащенных специальными аэраторами при менее жестких требованиях к аэрации, на практике пользуются различны-

ми простейшими средствами, в том числе и дождевальными аппаратами, разбрызгивающими воду по поверхности пруда.

Разработанные технические средства, по мнению авторов, могут успешно применяться и для аэрирования различной водной среды промышленного и хозяйственного назначения при соответствующем обосновании технологии их использования.

Список литературы

1. **Гриневский, Э. В.** Проектирование рыбноводных предприятий [Текст] : справочник / Э. В. Гриневский, Б. А. Каспин, А. М. Керштейн. — М. : Агропромиздат, 1990. — 223 с.

2. **Акимов, В. А.** Технические средства аэрации рыбноводных прудов [Текст] / В. А. Акимов, В. С. Гуренко, Ю. Н. Савченко. — М.: Агропромиздат, 1990. — 80 с.

Материал поступил в редакцию 17.06.08.

Савушкин Станислав Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, ученый секретарь института, заведующий отделом

Тел. 8 (496) 6-170-949

E-mail: raduga@golutvin.ru.

Давшан Станислав Михайлович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Тел. 8 (496) 6-170-479

E-mail: raduga@golutvin.ru