

УДК 502.55:628.54(575.2)

Токтогулов Таалайбек Садыкович

к.т.н., доцент, Ошский технологический университет
имени академика М.М. Адышева.

E-mail: tts19651605@mail.ru

Токтогулов Таалайбек Садыкович

т.и.к., доцент, академик М.М. Адышев атындагы
Ош технологиялык университети.

E-mail: tts19651605@mail.ru

Toktogulov Taalaibek Sadykovich

Ph.D., Associate Professor, Osh Technological University
named after academician M.M. Adysheva.

E-mail: tts19651605@mail.ru

Райымкулов Ариет Айтбаевич

ст. преподаватель, Ошский технологический университет
имени академика М.М. Адышева.

ariet86@mail.ru

Райымкулов Ариет Айтбаевич

улук окутуучу, академик М.М. Адышев атындагы
Ош технологиялык университети.

ariet86@mail.ru

Raimkulov Ariet Aitbaevich

lecturer, Osh Technological University
named after academician M.M. Adysheva.

ariet86@mail.ru

Эркинбай кызы Умутай

преподаватель, Ошский технологический университет
имени академика М.М. Адышева.

umutaiturdueva@gmail.com

Эркинбай кызы Умутай

окутуучу, академик М.М. Адышев атындагы
Ош технологиялык университети.

umutaiturdueva@gmail.com

Erkinbay kyzy Umutai

lecturer, Osh Technological University
named after academician M.M. Adysheva.

umutaiturdueva@gmail.com

К ВОПРОСУ АЭРАЦИИ ВОДОТОКА

Аннотация: В статье изложены влияния расстояния между водосливами и удельного расхода воды на аэрационную способности водослизов.

Ключевые слова: аэрация, кислородный режим, ассимилирующая способность воды, аэрированный поток, аэрационная способность водослизов.

АГЫН СУУНУ АЭРАЦИЯЛОО БОЮНЧА

Аннотация: Макалада агылткычтардын ортосундагы аралыктын жана суунун уделдик чыгымынын агылткычтардын аэрациялоо жөндөмдүүлүгүнө тийгизген таасири баяндалды.

Негизги сөздөр: аэрация, кычкылтек режими, суунун өзүн-өзү тазалоо жөндөмдүүлүгү, аэрацияланган агым, агылткычтардын аэрациялоо жөндөмдүүлүгү.

ON THE ISSUE OF WATERWAY AERATION

Abstract: The article outlines the influence of the distance between weirs and specific water flow on the aeration capacity of weirs.

Key words: aeration, oxygen regime, assimilating capacity of water, aerated flow, aeration capacity of spillways.

Структурная схема аэрации водного объекта устанавливает в наглядной форме взаимные связи действующих факторов, что, в свою очередь, дает возможность принимать решения, направленные на оптимизацию или ограничение какого-либо параметра. Анализируя структурные составляющие процесса аэрации конкретного водоема или водотока (группы идентичных водоемов или водотоков), можно подобрать или создать рациональные технические средства, построить технологический процесс, установить способ управления (регулирования), оценить влияние аэрации на кислородный режим водного объекта.

Обобщенная структурная схема построена в следующей последовательности [1]:

- входные (первичные) параметры,
- протекание процесса,
- выходные (вторичные) параметры.

В качестве входных (первичных) параметров приняты не изменяемые целенаправленные характеристики водоема и показатели воды, влияющие на текущие значения концентрации кислорода. Кислородный баланс воды определяется совместным воздействием продуцентов и потребителей, показатели которых по производительности с точки зрения регулирования можно разделить на медленно (закономерно в течение сезона) и оперативно (быстро) изменяющиеся в зависимости в основном от погодных условий (продукты фотосинтеза, атмосферная инвазия и температура воды). Технические средства для искусственного аэрирования воды в периоды, когда концентрация кислорода в ней снижается до предельного заданного условия, рассмотрены как входной параметр.

Протекание процесса - насыщение воды кислородом - характеризуется физическими явлениями, которые сопровождают массообменные операции - введение газа в воду, смешивание газа с водой, растворение газа в воде и распространение насыщенной газом воды по водоему. При этом основными параметрами контактирования фаз, влияющими на массообмен, являются масса воды, масса газа, их температура, местное давление (сумма гидростатического, гидродинамического и парциального давления газа и паров воды), геометрические размеры пузырьков воздуха и время контактирования. Интенсификация аэрирования - быстрое насыщение воды газом - предполагает вовлечение в процесс сбалансированных по конечной концентрации масс газа и жидкости, при этом размеры пузырьков должны быть возможно меньшими, а время контактирования - большими.

В качестве выходных (вторичных) параметров выбраны:

- концентрация кислорода в аэрируемом пространстве,
- вредное влияние процесса на гидробионтов,
- экономичность процесса.

Конечная концентрация кислорода в общем случае должна быть доведена до заданного уровня (с учетом начальной) с минимальным градиентом по глубине и площади. Кроме того, регулирующее устройство должно исключить эвасию кислорода из воды через свободную границу.

В ходе проведения экспериментальных исследований было проведено визуальное наблюдение за характером движения водного потока и соответствующие измерения. В ходе анализа результатов эксперимента за начальное сечение принималась сечение I-I (рис 1), характеризуемое глубиной потока воды h_1 , определялось число Фруда по выражению

$$Fr_1 = \frac{V_1^2}{g h_1} \quad (1)$$

где v_1 - средняя по сечению (по вертикали) скорость, м/с;

h_1 - начальная глубина, м;

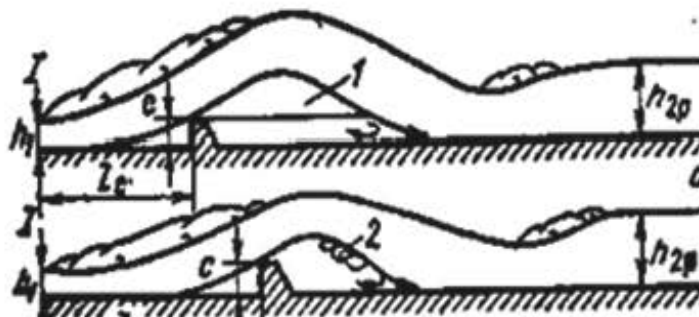


Рис. 1. Схемы сопряжения бьефов при наличии водобойной стенки:

1 — воздушная область; 2—большие пузыри воздуха

Конечную глубину определяли по сечению в нижнем бьефе с глубиной h_2 . Выбор расстояния от входа воды в изучаемый лоток до водобойной стенки (первого (стационарного) водослива) l_c соответствовало, в зависимости от конкретных условий и требований в пределах выражения

$$a_{np} = h_2 - h_1 \quad (2)$$

где a_{np} - высота прыжка

Аэрация воды на водосливах обуславливался захватом воздуха падающей струей, дроблением его на пузырьки и вовлечением последних в поток воды. При падении струи, когда поток в нижнем бьефе находился в спокойном состоянии, происходил сопряжение бьефов в виде гидравлического прыжка.

Основное уравнение совершенного прыжка (прыжковая функция) в прямоугольном русле в условиях плоской задачи имеет вид [2]:

$$h_1 h_2 (h_1 + h_2) = 2h_k^3 \quad (3)$$

где h_1 - глубина перед прыжком (первая сопряженная);

h_2 - глубина после прыжка (вторая сопряженная);

h_k - критическая глубина.

Изменение типа сопряжения потоков в нижнем бьефе сопровождался коренным изменением кинематической обстановки в аэрированном водоворотном вальце гидравлического прыжка. При этом изменялся степень воздухомытости потока, дисперсность пузырьков воздуха, скорости и направления потоков воды, длина и глубина зоны аэрации и др.

Скорость переноса кислорода в воду соответствовал соотношению

$$V_m = Ka(c_p - c), \quad (4)$$

где K - коэффициент массопередачи;

a - удельная поверхность контакта фаз;

c_p - равновесная концентрация кислорода в жидкости;

c - рабочая концентрация кислорода в жидкости.

В рассматриваемом случае под геометрическими характеристиками системы подразумеваются соотношение глубины и ширины сооружений.

Изучение влияния отдельных ингредиентов загрязнений, содержащихся в воде, и их совместного влияния в различных комбинациях на абсорбцию кислорода, очевидно, неприемлемо из-за очень большого разнообразия и недостаточной изученности состава сточных вод.

При исследовании аэрационных систем можно [3] в качестве критерия использовать величину окислительной способности системы (скорость растворения кислорода в чистой воде при полном его дефиците и стандартной температуре 20 °C), связанная с объемным коэффициентом массопередачи соотношением:

$$O_c = Kac_p \quad (5)$$

Объемный коэффициент массопередачи и время контакта фаз на водосливе однозначно зависят от кинематической обстановки процесса. В свою очередь, кинематическая обстановка процесса зависит от типа сопряжения, который определяется конструкцией водослива (глубиной нижнего бьефа h_2 , перепадом уровней z , удельным расходом воды q и расстоянием между стационарным и мобильным водосливами L_p). Таким образом, с соблюдением необходимых и достаточных условий для нашего условия, плоской задачи можно характеризовать следующим соотношением.

$$-(Ka)_{20} = f(z, h_2, q, L_p) \quad (6)$$

Параметры z, h_2, q, L_p являются независимыми переменными нами определены экспериментально. А именно для характеристики аэрационной способности водосливов удобно использовать величину отношения дефицита кислорода в воде после прохождения его через водослив D_t к дефициту кислорода до водослива D_0 , связанную с величиной объемного коэффициента массопередачи уравнением [3]

$$\Psi = \frac{D_t}{D_0} = \exp(-Kat) \quad (7)$$

$$\text{Откуда} \quad \Psi_{20} = \exp f(z, h_2, q, L_p) \quad (8)$$

С учетом температуры и качества воды выражение (8) можно преобразовать, как

$$\sum_{i=0}^n t = n \quad (9)$$

Для n - ступенчатого каскада водослив аэраторов [3], в случае равенства всех условий на любой из ступеней объемный коэффициент массопередачи Ka на каждом водосливе будет одинаково, а продолжительность аэрации будет равна суммарному времени пребывания воды на всех ступенях:

$$\sum_{i=0}^n t = n$$

Тогда уравнение (7) для n - ступенчатого каскада может быть записано в виде:

$$\Psi_n = \exp(-Katn) = [f(z, h_z, q, L_p)]^n, \quad (10)$$

где t - продолжительность аэрации воды на одной ступени водосливов;

Ψ_n - отношение дефицита кислорода в воде после n -й ступени водосливов D_t к дефициту кислорода в воде перед первой ступени D_0 ;

Расчет параметров аэрированного потока выполнялся для участка водосбросного тракта с постоянной формой поперечного сечения и постоянным уклоном дна от створа начала аэрации до створа равномерного аэрированного потока (если в пределах длины тракта равномерное движение успевает установиться).

Когда уклон дна водосброса возрастает, то на участке с увеличенным уклоном продолжается неравномерное движение с возрастающей аэрацией по течению; при изменении с большего на меньший уклон концентрация воздушной фазы уменьшается - происходит деаэрация потока.

С целью определения влияния изменения расстояния между первым (стационарным) и вторым (мобильным) водосливами и удельного расхода воды в лотке на аэрационную способность водосливов проведены опыты.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях для определения факторов, влияющих на аэрацию и насыщению исследуемой воды кислородом воздуха. Исследования проводились на моделях гидротехнических сооружений. Модели сооружений были определены исходя из геометрических размеров сооружений и устройств, а гидродинамическая характеристика принималась исходя из реальных условий реки Ак-Буура. Изучаемый первый (стационарный) водослив устанавливался после 5 м от входа исследуемой воды. Второй изучаемый водослив (мобильный) устанавливался на расстоянии от 2 до 8 м от стационарного водослива.

При исследовании было изучено насыщение воды кислородом воздуха при прохождении ее через водослив. Размеры лотка, в котором проводились исследования, составляли в сечении с шириной 0,20 м, высотой 1,4 м и общей длиной 18 м.

Исследования проведены на водосливе с широким порогом высотой $H_g = 1$ м. расстояния между водосливами устанавливались на отметках $L_p = 2; 4; 6$ и 8 метров от стационарного водослива. При каждой из установленных расстояний через водосливы пропускалась вода с расходом соответственно $q = 4,0; 8,0; 10,0$ и 12,0 л/с. При каждом пропуске воды через водосливы и расстоянии между ними определялись значения аэрационной способности водосливов. Определенные значения занесены в таблицу 1.

Таблица 1. -Влияние расстояния между водосливами L_p и удельного расхода воды q на аэрационную способность водосливов Ψ

Удельный расход воды q , л/с	Расстояние между водосливами L_p , м				
	2	4	6	8	10
4,0	0,88	0,91	1		

8,0	0,86	0,88	0,92	1	
10,0	0,84	0,85	0,87	0,91	1
12,0	0,82	0,83	0,84	0,87	0,96

Из динамики кривых графика (рис. 2) видно, что при расположении мобильной водобойной стенки в зоне аэрации ($L_p = 2$ м от стационарного водослива) аэрационная способность водосливов не высоки. В зависимости от увеличения удельного расхода воды в лотке наблюдается убывание значений аэрационной способности водосливов.

При расположении мобильного водослива на расстоянии $L_p = 4$ м, наблюдается рост значения аэрационной способности водосливов для относительно малых расходах воды (для расходов $q = 40$ и $q = 80$ л/с). Для больших расходов ($q = 100$ и $q = 120$ л/с) рост значения аэрационной способности водосливов Ψ особо не замечается.

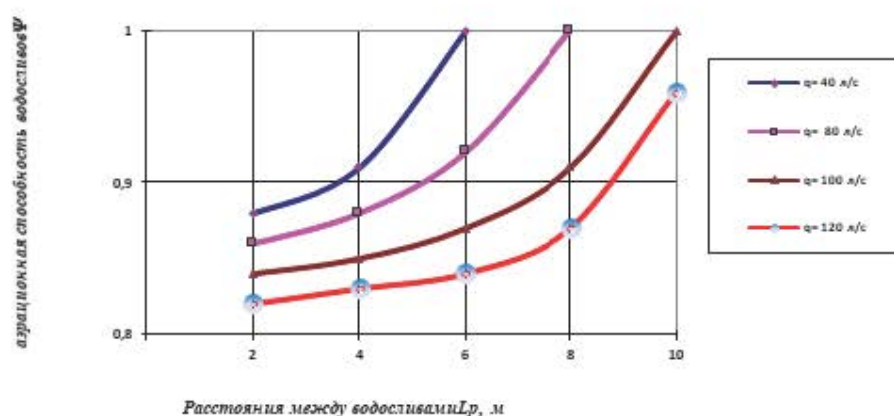


Рис. 2. Влияние расстояния между водосливами L_p и удельного расхода воды q на аэрационной способности водосливов Ψ .

Рост значения аэрационной способности водосливов активизировался при расположении мобильного водослива на расстоянии $L_p = 6$ м от стационарного для всех расходов (особенно для $q = 8,0$ л/с). Таким образом, для расходов воды $q = 4,0$ и $8,0$ л/с наиболее оптимальным представляется значение L_p от 4 до 8 м, а для $q = 10,0$ и л/с выше, значение L_p от 8 до 10 м. При таких значениях L_p и q наблюдаются наиболее эффективные значения аэрационной способности водосливов Ψ .

Выводы:

- Изучение процесса абсорбции кислорода водой следует вести так, чтобы влияние основных групп факторов можно было учесть отдельно, так как многообразие различных геометрических форм, динамических условий процесса и состав жидкости при изучении совокупного их влияния позволит найти лишь частные решения.
- Изучение процесса абсорбции кислорода должно вестись через такие комплексные характеристики, которые исчерпывающе учитывают абсорбционные свойства жидкости и могут быть легко определены экспериментально.
- Для каждого значения расхода воды существует свое оптимальное расстояние между водосливами, при которой наблюдаются наиболее эффективные значения аэрационной способности водосливов.

Литература:

1. Акимов В. А., Гуенко В. С., Савченко Ю. Н. Технические средства аэрации рыбководных прудов. –М.: Агропромиздат, 1990. -80 с.
2. Вельнер Х. А., Айтсам А.М. О критериях подобия процессов превращения органических веществ// Материалы Всесоюзной научно-технической конференции о охране поверхностных и подземных вод от загрязнения.: Таллин, 1967. С. 70-72.
3. Худенко Б. М., Шпирт Е. А. Аэраторы для очистки сточных вод. –М.: Стройиздат, 1973.-113с.
4. Вавилин В. А. Нелинейные модели биологической очистки и процессов самоочистки в реках. –М.: Наука, 1983. -260 с.
5. Streeter H. W. Measures of natural oxidation in polluted streams I. The oxygen demand factor. –Sew. Works Jour., 1935 vol. 7 No 2. P. 251.
6. Стритер Г. В. Расчет окислительных процессов в загрязненных реках// Пер. с англ. Вопросы загрязнения и самоочищения водоемов. –М.: Инст. комм. гигиены АН СССР, 1937.
7. Сакварелидзе В. В. Аэрация потоков на водосливных поверхностях плотин и быстротоках//Изв. ТНИСГЭИ. Т. 18.–М, 1969. С. 87-102.