

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНОЙ СТРУКТУРЫ И ОБЪЕМНОГО ВОЗДУХОСОДЕРЖАНИЯ АЭРИРОВАННОГО ПОТОКА

Серда А. И., Миленин Д. Н.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

Предложено исследование скоростной структуры и объемного воздухо содержания аэрированного потока по длине щелевого лотка-аэратора.

Постановка проблемы. Насыщение потоков воды воздухом способствует обогащению промышленных стоков кислородом, ускоряя тем самым процессы очистки сточных вод, улучшает условия жизнедеятельности, закрытых водоемов и водохранилищ и т. п.

Вместе с тем, вопросы закономерностей аэрированных потоков, их скоростная структура, объемное воздухо содержание и другие параметры в настоящее время изучены недостаточно.

Цель статьи. Предлагается исследовать скоростные структуры и объемное воздухо содержание аэрированного потока по длине щелевого лотка-аэратора.

Анализ последних исследований и публикаций. В лаборатории гидравлики ХНТУСГ им. П. Василенко была спроектирована и построена экспериментальная установка, включающая в себя лоток-аэратор длиной 15 м, прямоугольного сечения с эжекцией воздуха через щелевое дно.

Величина вакуума у щели дна лотка-аэратора, через которую происходит вовлечение воздуха в аэрированный поток, зависит от скорости потока в лотке. Величина вакуума определяется по зависимости [1]:

$$p_a - p_1 = \frac{\gamma_a U_a^2}{2g} \alpha^2 n^2 \quad (1)$$

где γ_a — объемный вес аэрированного потока;

g — ускорение силы тяжести;

U_a — средняя скорость аэрированного потока;

α — геометрический параметр эжектируемой щели, (отношение площадей эжектируемого аэрированного потока и щели в дне лотка-аэратора);

n — коэффициент эжекции, зависящий от α , плотности жидкостей и их начальных давлений;

p_a — атмосферное давление;

p_1 — абсолютное давление в щели (меньше атмосферного).

Основные материалы исследования. Проведены 3 серии опытов [2] по определению скорости аэрированного потока в створах 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 (створы через 2,5 м) при различных расходах ($Q_1 = 37$ л/с; $Q_2 = 28$ л/с; $Q_3 = 25,6$ л/с) и ширине лотка $b_1 = 220$ мм; $b_2 = 110$ мм. Расстояние между щелями 65 мм, открытие щелей 4 мм. Уклон лотка $i = 0,3$.

Опыты проводились при различной начальной скорости потока с воздухо содержанием, равным нулю

(нулевой створ). Подача воды в лоток-аэратор (нулевой створ) производилась через отверстие и через насадок. Одновременно с измерением скорости аэрированного потока измерялось и его объемное воздухо содержание. Скоростная структура потока при подаче воды в лоток-аэратор через отверстие (I серия опытов) представлена на рис. 1. Начальная скорость потока без воздушных включений (в нулевом створе) составила 1,8 м/с. Наблюдается увеличение скорости аэрированного потока по створам. Вместе с тем, эпюры скорости аэрированного потока подобны эпюрам скорости для воды без воздушных включений. Средняя скорость аэрированного потока в створе 1 составила $U_a = 2,23$ м/с, а среднее воздухо содержание $c = 0,18$, глубина аэрированного потока $h_a = 60$ мм.

Соответственно в створе 3 были: $V_a = 5,21$ м/с; $c = 0,40$; $h_a = 45$ мм; в створе 6: $V_a = 6,55$ м/с; $c = 0,42$; $h_a = 50$ мм.

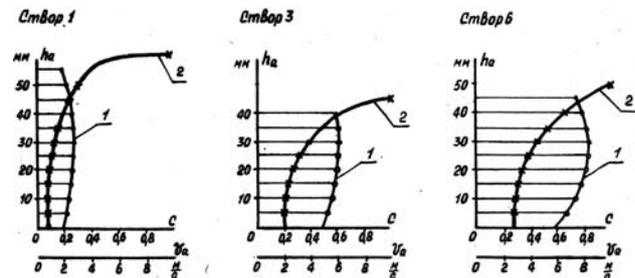


Рисунок 1 – Эпюры скорости и воздухо содержания аэрированного потока по длине лотка-аэратора:

$$Q_1 = 37 \text{ л/с}; i = 0,3; b_1 = 220 \text{ мм}$$

x – воздухо содержание, o – скорость

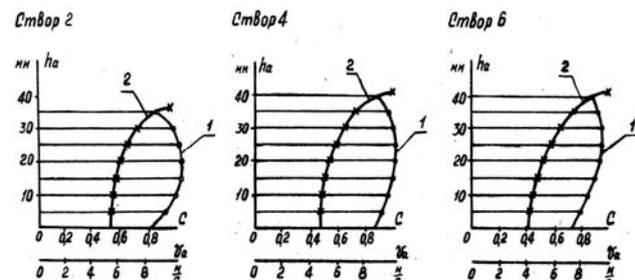


Рисунок 2 – Эпюры скорости и воздухо содержания аэрированного потока по длине лотка-аэратора:

$$Q_1 = 28 \text{ л/с}; i = 0,3; b_1 = 220 \text{ мм}$$

x – воздухо содержание, o – скорость

Как видно, глубины аэрированного потока до третьего створа уменьшаются, а затем начинают возрастать. Точка минимальной глубины находилась в створе 3, то есть на расстоянии 7,5 м от начала лотка. Производилось измерение, объемного воздухо содержания аэрированного потока по створам. Причем придонное воздухо содержание аэрированного потока (замер на уровне 8 мм от дна лотка) в створах 1—6 увеличилось от 0,09 до 0,25.

Изучалась аэрация потока в щелевом лотке-аэраторе с большими начальными скоростями (подача воды через насадок).

Начальная скорость потока в лотке составляла около 10 м/с. Скоростная структура аэрированного потока и его воздухо содержание при подаче воды через насадок в лоток-аэратор (две серии опытов) представлены на рис. 2.

Поток быстро насытился воздухом. Средняя скорость аэрированного потока в створе 2 составила $V_a = 8,7$ м/с; среднее воздухо содержание $c = 0,61$. Соответственно, в створе 6: $V_a = 8,35$ м/с; $c = 0,57$. Придонное воздухо содержание в створе 2: $c = 0,55$; в створе 6: $c = 0,43$.

Таким образом, наблюдается уменьшение скорости аэрированного по створам и, соответственно, его воздухо содержания.

Была проведена третья серия опытов в щелевом лотке-аэраторе шириной $b_2 = 110$ мм. Подача воды в лоток происходила через насадок.

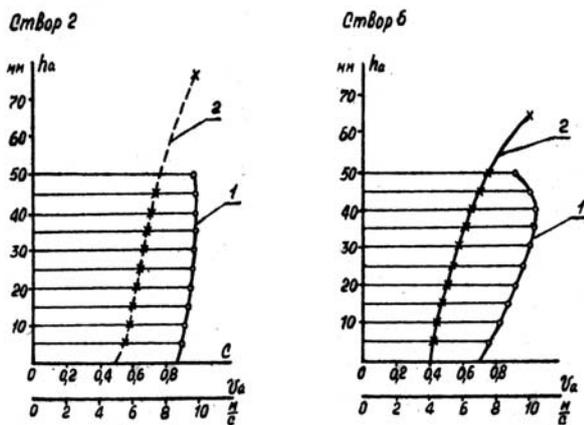


Рисунок 3 – Эпюры скорости и воздухо содержания аэрированного потока по длине, лотка-аэратора: $Q_1 = 25,6$ л/с; $i = 0,3$; $b_2 = 110$ мм

Скоростная структура аэрированного потока и его воздухо содержание при подаче воды в лоток-аэратор через насадок представлены на рис. 3.

В створе 2 средняя скорость аэрированного потока составила $V_a = 9,4$ м/с, среднее воздухо содержание $c = 0,68$, глубина аэрированного потока $h_a = 81$ мм. Соответственно: в створе 6: $V_a = 9,1$ м/с; $c = 0,60$; $h_a = 65$ мм. Придонное воздухо содержание в створе 2: $c = 0,51$, а в створе 6: $c = 0,39$.

Как и во второй серии опытов наблюдается уменьшение скорости аэрированного потока и неко-

торое уменьшение среднего воздухо содержания по створам.

Уменьшение скорости по длине аэрированных потоков отмечено и другими авторами. Проводились исследования аэрации потока на быстротоке со сплошным дном длиной 30 фт с уклоном 60° и расходами от 1 до 4 фт³/с [3]. Было замечено, что ниже какой-то точки по длине быстротока напор затрачивался не на увеличение скорости, а на преодоление сил трения.

Анализируя результаты исследований скоростной структуры и объемного воздухо содержания аэрированного потока по длине щелевого лотка-аэратора, можно прийти к выводам.

Выводы. Поток быстро насыщается воздухом.

Скорость и объемное воздухо содержание аэрированного потока стремятся к некоторому пределу.

Величина придонного воздухо содержания в створе меньше среднего.

Величины придонного и среднего воздухо содержания аэрированного потока зависят от его скорости.

Величина вакуума у щели дна лотка-аэратора пропорциональна скорости аэрированного потока, что подтверждает теоретическую зависимость.

Список использованных источников

1. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика / Г. Н. Абрамович. – М.: Наука, 1969.
2. Мезенцев Ю. С. Метод аэрации потока в водосбросных сооружениях / Ю. С. Мезенцев // Водоснабжение, канализация, гидротехнические сооружения. – К.: Будівельник, 1977. – С. 51-54.
3. H. L. Uppal et al. Studies on the phenomenon of air entrainment. // International association for hydraulic research eleventh international congress, 1965.

Анотація

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКІСНОЇ СТРУКТУРИ І ОБ'ЄМНОГО ПОВІТРЄВІСТУ АЕРОВАНОГО ПОТОКУ

Середа А. І., Миленин Д. М.

Запропоноване дослідження швидкісної структури і об'ємного повітрявмісту аерованого потоку по довжині щілинного лотка-аэратора.

Abstract

STUDY OF SPEED AND THREE-DIMENSIONAL STRUCTURE OF AIR FLOW AERATED

A. Sereda, D. Milenin

Proposed research velocity and volumetric air content of aerated flow along the length of a slot tray aerator.