

Экспериментальное исследование водоструйного аэратора

Н.С.Серпокрылов, А.А.Бондарчук, И.В.Новосельцева, Н.Н.Куля

Ростовский Государственный Строительный Университет, г. Ростов-на-Дону

Экспериментальное исследование водоструйного аэратора состояло из испытаний в лабораторных условиях, обработки опытных данных, построений линий тока движения воды с помощью программного обеспечения ANSYS.

Цель исследования:

- 1) оптимизация параметров насыщения кислорода с помощью водоструйного аэратора;
- 2) построение компьютерной модели с линиями тока, характеризующими движение воды при заданных рабочих параметрах.

В лабораторных условиях была разработана установка водоструйного аэратора, рис.1. Планирование опыта и обработка опытных данных осуществлялась по методике активного эксперимента.

Установка водоструйного аэратора, см. рис.1 включает: 1. резервуар $V = 0,2 \text{ м}^3$; 2. погружной насос, $H=1,8\text{м}$, $Q=0,33\text{л/с}$, $N=25\text{Вт}$, установленный внутри водоаэрационной колонны; 3. водоаэрационная колонна, переменного диаметра, 4. распределительная чаша.

Погружной насос создает турбулизацию потока в водоаэрационной колонне. Образуется барботирование и захват кислорода в верхней части колонны. При изливе воды из колонны в водоаэрационную чашу происходит захват воздуха. В распределительной чаше образуется гидравлический прыжок и перелив в резервуар, способствующий насыщению кислорода.

Параметр оптимизации – скорость насыщения кислородом;

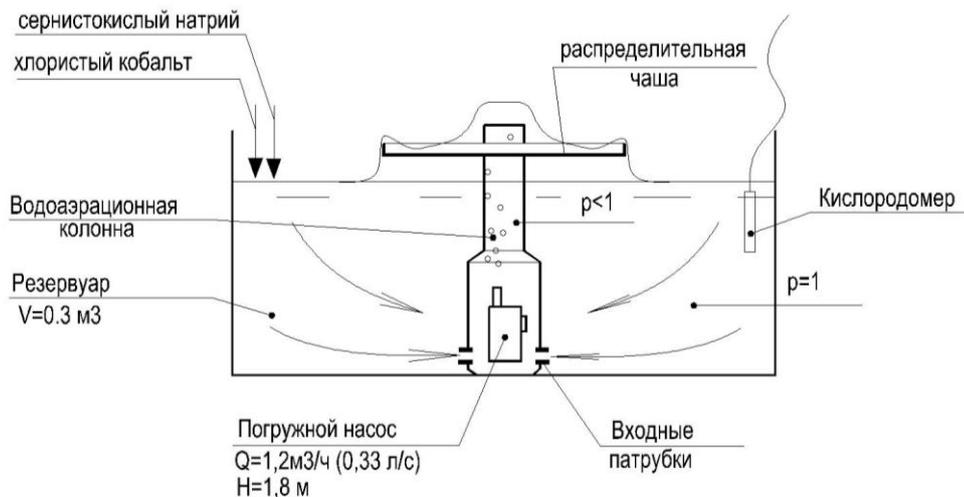


Рис1. Принципиальная схема установки водоструйного аэратора

Таблица 1. Факторы варьирования для струйной аэрации

Фактор	Наименование	Уровни варьирования			Интервал варьиров.
		-	0	+	
X1	Диаметр чаши, мм	240	275	310	35
X2	Высота борта стенок чаши, мм	10	20	30	10

X3	Высота чаши над поверхностью воды, мм	20	30	40	10
X4	Длина патрубка, мм	0	20	40	20
X5	Количество патрубков	1	2,5	4	1,5

Таблица 2 Матрица планирования дробного факторного эксперимента типа 2^{5-2}

№	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	У1	У2	Уср	(Уср-У1) ²	Урасч	(Уср-Урасч) ²	
1	9	-	+	-	+	+	0,306	0,352	0,329	0,001	0,433	0,011
2	10	+	-	+	-	-	0,312	0,454	0,383	0,005	0,413	0,001
3	11	-	-	+	-	+	0,380	0,354	0,367	0,000	0,414	0,002
4	12	+	+	-	+	-	0,476	0,478	0,477	0,000	0,430	0,002
5	13	-	+	-	-	+	0,548	0,490	0,519	0,001	0,395	0,015
6	14	+	-	+	+	-	0,532	0,433	0,483	0,002	0,451	0,001
7	15	-	-	+	+	+	0,476	0,482	0,479	0,000	0,454	0,001
8	16	+	+	-	-	-	0,347	0,345	0,346	0,000	0,392	0,002
									Σ3,383	Σ0,009		Σ0,035

X_i – факторы процесса

У_i – опытные данные, время насыщения кислорода, с.

Скорость насыщения кислорода определяли по формуле:

$$V = C(O_2) / t, \text{ мгО}_2/\text{л/}$$

C(O₂) – предельная концентрация кислорода 5 мгО₂/л.

С учетом критерия Кохрена, Стьюдента, Фишера получено интерполяционное уравнение процесса:

$$УРАСЧ = 0,4229 + 0,0191X_4, \text{ мин};$$

Где УРАСЧ – время насыщения, мин;

X₄ – длина патрубка, мм.

Значимый фактор X₄ – длина патрубка;

При переходе от кодированных факторов к натуральным получено уравнение описания скорости насыщения кислородом в зависимости от длины патрубка:

$$V = 0,268 + 0,001L$$

Где V – скорость насыщения, м/с

L – длина патрубка, мм

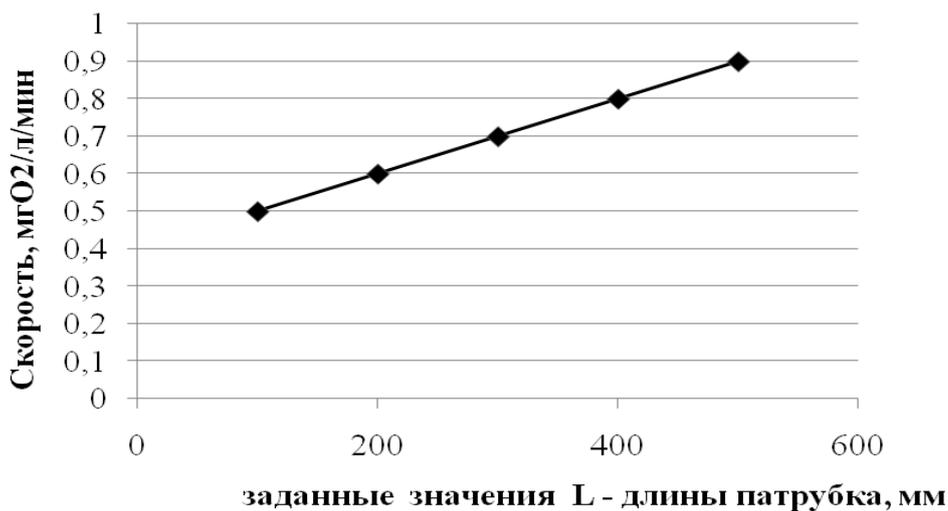


Рис.2 График скорости насыщения от длины патрубка

Таким образом, установлено, что скорость насыщения кислородом с помощью струйного аэратора в наибольшей степени зависит от длины патрубка.

Построение линий тока движения воды при работе водоструйного аэратора проводилось с помощью программного комплекса ANSYS11. Для решения задачи использовались следующие продукты ANSYS 11: ICEM CFD, CFX, PrePost. Модель водоструйного аэратора, дает наглядное описание движения воды с кривыми линиями токов к патрубкам со значениями скоростей, см.рис.2

Параметры оптимизации:

1.линии тока – достаточная или недостаточная заполненность, образование пустых мест в резервуаре;

2. средняя скорость V линии тока, м/с.

Таблица 3. Факторы варьирования

Фактор	Наименование	Уровни варьирования			Интервал варьиров.
		-	0	+	
X1	Диаметр сечения входа воды в резервуар, мм	240	275	310	35
X2	Количество патрубков, шт,	1	2,5	4	1,5
X3	Длина патрубка, см	2	5	8	3

Примечание факторы X2 Высота борта стенок чаши и X3 Высота чаши над поверхностью воды исключены по программным требованиям.

Таблица 4. Матрица планирования полного факторного эксперимента типа 2^3 и результаты эксперимента

№	X1	X2	X3	Опытные данные	
				L	V1
1	-	+	+	достаточно	1,730
2	+	-	-	недостаточно	-
3	-	-	+	достаточно	1,757
4	+	+	-	недостаточно	-
5	-	-	-	недостаточно	-
6	+	-	+	достаточно	2,258
7	-	+	-	недостаточно	-
8	+	+	+	достаточно	2,282

Опыты, в которых линии тока не заполнили весь резервуар, были исключены из дальнейшего расчета. Для оставшихся опытов были определены средние значения скорости м/с².

Согласно полученным значениям наибольшая скорость составляет 2,282 м/с² в опыте №8 при максимальных заданных значения факторов варьирования: X1- диаметр сечения 310 мм, X2 – длина патрубка 40 мм, X3- количество патрубков 4шт.

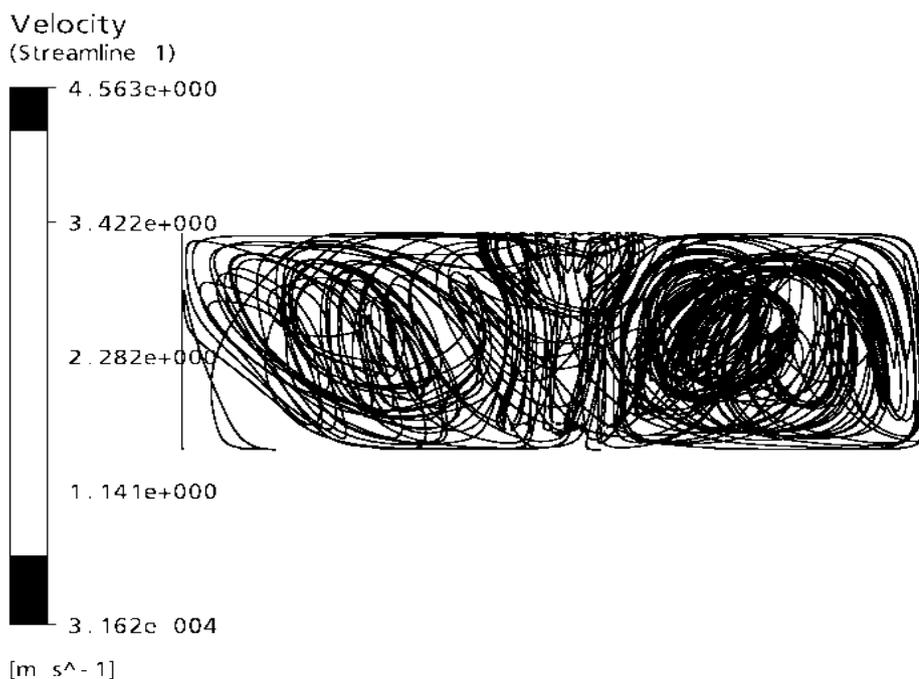


Рис.3

Линии тока водоструйного аэратора со следующими параметрами: X1- диаметр сечения 310 мм, X2 – длина патрубка 40 мм, X3- количество патрубков 4 шт.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны модели аэраторов водоструйного типа.
2. Оптимизация параметров насыщения кислорода с помощью струйной аэрации показала, что процесс насыщения кислорода в большей степени зависит от длины патрубков.
Определено, что основным фактором насыщения воды кислородом является длина патрубка.
3. Получено уравнение описания скорости насыщения кислородом в зависимости от длины патрубка:

$$V = 0,4 + 0,001L$$
 Где V – скорость насыщения,
 L-длина патрубка.
4. Построены линии токов с помощью программного оборудования ANSYS 11 движения воды к патрубкам. Получены значения скорости движения воды при различных рабочих параметрах аэратора.

Литература:

1. Ахназарова С.Л. Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М. «Высшая школа» 1978.-365с.
2. Повышение эффективности струйной аэрации естественных водоемов и биологических прудов. Диссертация. Помогаева В.В. М. 2009 г.
3. Аэратор водосливной типа ВАр, Технические условия ТУ 4859-002-48268309-2003, от 01.07.2003г. ОКП 485913. ГР. Ж21. Регистрационный номер № 007660, от 02.07.2003г. Госстандарт России, ФГУ РЦСМ
4. Попкович Г.С., Репин Г.Н. Системы аэрации сточных вод. -М:Стройиздат,1986.-136с.:ил.