

**Куля Наталья Николаевна**  
Kulya Natalia Nikolaevna  
Ростовский Государственный Строительный Университет  
Rostov State University of Civil Engineering  
Аспирант/graduate  
E-mail: kulyanatalia@rambler.ru

## **Экспериментальное исследование водоструйного аэратора**

### **Experimental research of water jet aerator**

**Аннотация:** Статья посвящена изучению технологических параметров водоструйного аэратора, применяемого для насыщения воды кислородом на очистных сооружениях. В статье описаны методы исследования, в частности рассмотрена возможность использования компьютерного моделирования для исследования водоструйных аэраторов с помощью программного комплекса ANSYS 11.

**The Abstract:** Article is devoted studying of design parameters water jet aerator. Water jet aerator it is used for saturation of water by oxygen on purification works. In article research methods are described, in particular, possibility of use of computer modeling by means of program complex ANSYS 11 is considered.

**Ключевые слова:** Водоструйный аэратор, очистные сооружения, компьютерное моделирование, струйная аэрация

**Key words:** Jet aerator, treatment facilities, computer simulation, ink-jet aeration.

\*\*\*

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.

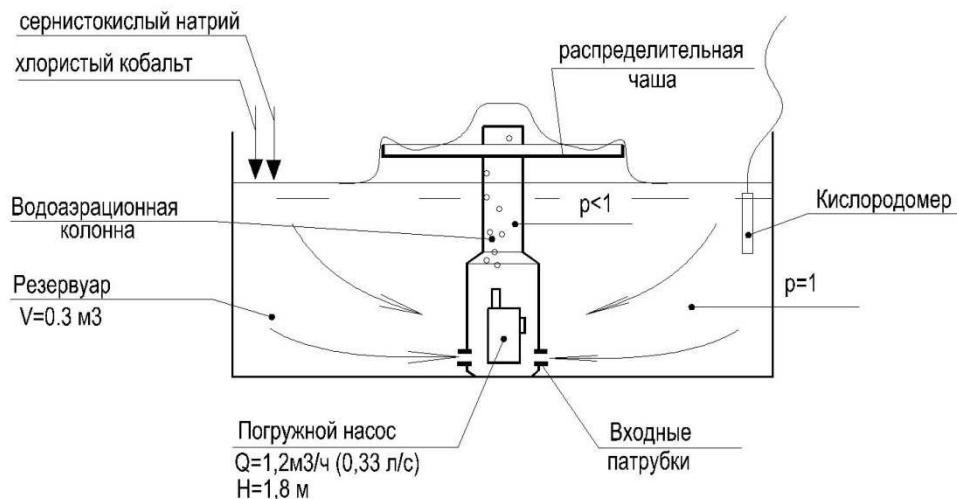
В лабораторных условиях была разработана установка водоструйного аэратора, рис.1. Планирование опыта и обработка опытных данных осуществлялась по методике активного эксперимента.

Установка водоструйного аэратора, рис.1, включает: 1. резервуар  $V = 0,2$  м<sup>3</sup>; 2. погружной насос,  $H=1,8$ м,  $Q=0,33$ л/с,  $N=25$ 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;



**Рис. 1.** 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<sup>5-2</sup>

№	X1	X2	X3	X4	X5	У1	У2	Уср	(Уср-У1) <sup>2</sup>	Урасч	(Уср-Урасч) <sup>2</sup>
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
								∑3,383	∑0,009		∑0,035

Расчет произведен по методике изложенной [1].

X<sub>i</sub> – факторы процесса

У<sub>i</sub>- опытные данные, время насыщения кислорода, с.

Скорость насыщения кислорода определяли по формуле:

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

C(O<sub>2</sub>) - предельная концентрация кислорода 5 мгО<sub>2</sub>/л.

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

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

Где УРАСЧ – время насыщения, мин;

X<sub>4</sub> – длина патрубка, мм.

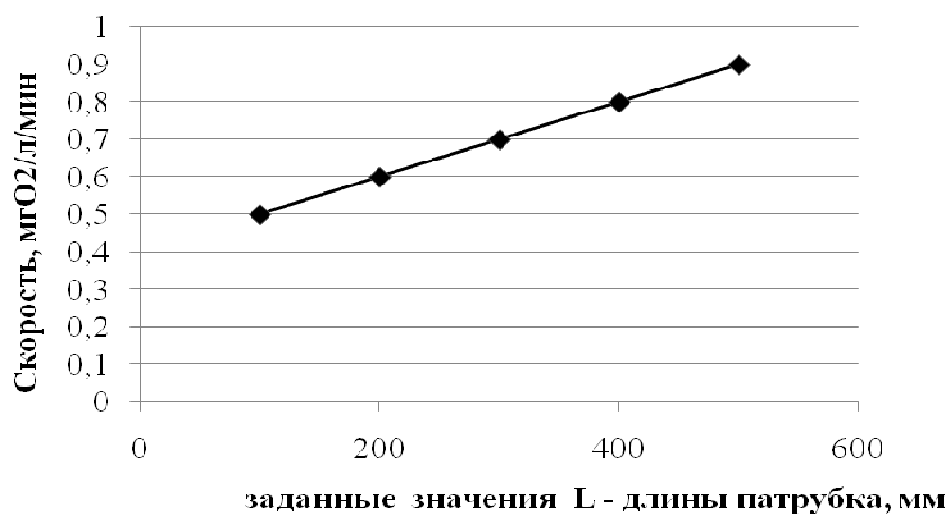
Значимый фактор X<sub>4</sub> –длина патрубка;

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, (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

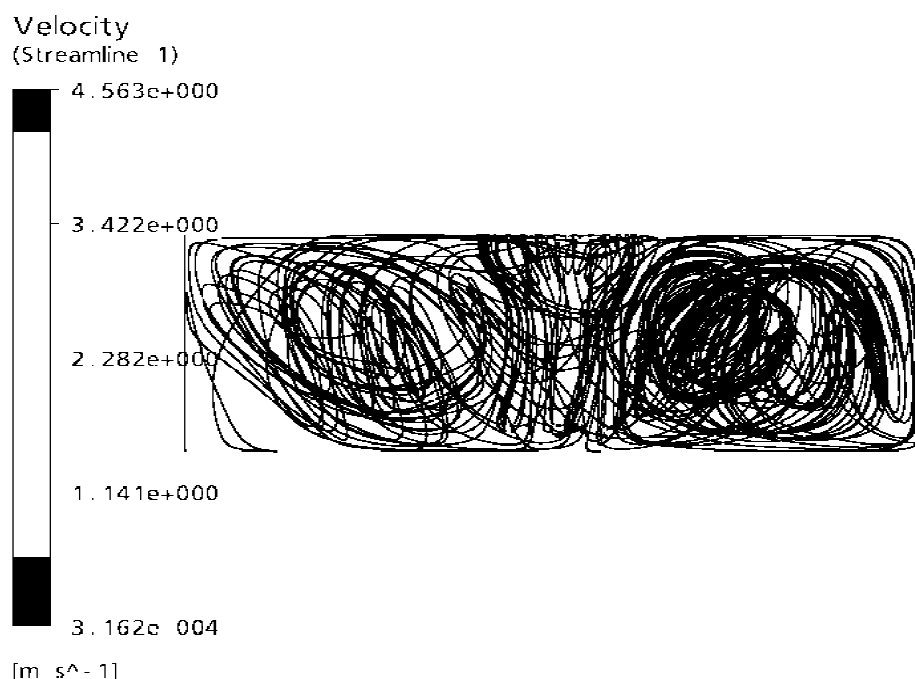
Примечание: факторы X2 - высота борта стенок чаши и X3 - высота чаши над поверхностью воды исключены по программным требованиям.

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/с.

Согласно полученным значениям наибольшая скорость составляет 2,282 м/с 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.
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. 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
3. Повышение эффективности струйной аэрации естественных водоемов и биологических прудов. Диссертация. Помогаева В.В. М. 2009 г.
4. Попкович Г.С., Репин Г.Н. Системы аэрации сточных вод. -М:Стройиздат,1986.-136с.:ил.