

УДК 628.356.3

В. И. Баженов**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ АЭРОТЕНКОВ
НА ОСНОВЕ ГРАДИЕНТА СКОРОСТИ G**

Описана методика оценки и приведена характеристика погружных мешалок как устройств перемешивания активного ила аэротенков различных геометрических форм на базе градиента скорости G . Представлены эмпирические зависимости G .

Ключевые слова: аэротенк, погружная мешалка, биофлокуляция, градиент скорости G .

The estimation method is described and the characteristics of submersible mixers as devices for mixing of activated sludge in aeration tanks of different geometric shapes on the basis of the velocity gradient G is given.

Key words: aeration tank, submersible mixer, biofloculation, velocity gradient G .

Широкомасштабное внедрение импортного оборудования в процесс очистки сточных вод часто обосновывается отсутствием российского производителя. В данном случае рассматриваются погружные (с защитой двигателя IP68) мешалки для размещения в зонах денитрификации и дефосфотации. Эти зоны в аспекте кинетики технологических реакций достаточно широко апробированы, однако их характеристика совместно с устройствами перемешивания активного ила аэротенков в инженерной практике отсутствует.

Для оценки исходного оборудования, подходящего под задачу, зададим традиционные граничные условия его внедрения в практику, предполагая, что среднеоборотные мешалки на практике существуют. При этом граничные варианты наиболее информативны с точки зрения разрабатываемой методики (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Оценка мешалок для аэротенков по категории скорости вращения

Характеристика	Мешалки	
	низкооборотные	высокооборотные
Наличие редуктора	Да	Нет
Скорость вращения, об./мин	17...47	1400...360
Диаметр пропеллера, м	1,4...2,5	0,21...0,766
Радиальная скорость пропеллера, м/с	1,25...6,25	15,4...14,5
Сила тяги, Н	220...4700	105...6440

Внеклеточные биополимеры участвуют в процессах образования флоккул иловой смеси аэротенков с образованием полимерных связей между микроорганизмами и бактериальными клетками активного ила. Характеристика, определяющая транспорт питательных веществ внутрь каждой клетки, выраженная величиной дзета-потенциала, понижается при увеличении количества коллоидно-связанной воды, так как замедляется скорость фильтрации через мембрану клетки.

Таким образом, в процессах хлопьеобразования активного ила присутствует природный реагент — внеклеточные биополимеры, такие как полисахариды (гликоген, крахмал), РНВ (poly-b-hydroxybutyrate) и полифосфаты. Реагент возникает как результат защиты клеток от высыхания и изменения кислотности среды в форме слизисто-гелевых оболочек, определяя скорости процессов биологической сорбции.

Градиент скорости G , с^{-1} , для процессов реагентной водоподготовки традиционно считается основным критерием перемешивания [1]. Условием хлопьеобразования по отношению к аэротенкам является его период $t = 20 \dots 30$ мин, что значительно менее времени пребывания $t = 5 \dots 16$ ч. С точки зрения гидродинамики аналоговая величина обозначается скоростью сдвига. Механизм явления представлен схематически на примере двух движущихся в потоке частиц-хлопков на расстоянии $0,005$ м друг от друга (рис. 1).

Градиент скорости находится по формуле

$$G = \frac{dv}{dy}. \quad (1)$$

Тогда

$$G = \frac{0,25 \text{ м/с}}{0,005 \text{ м}} = 50 \text{ с}^{-1}.$$

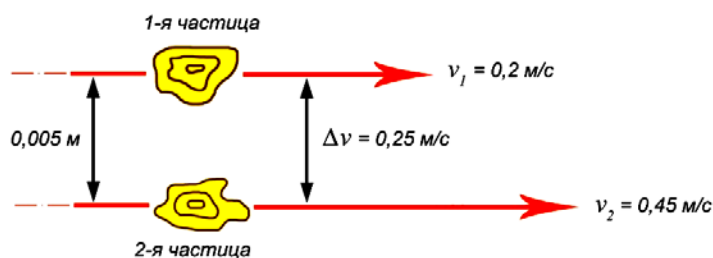


Рис. 1. Представление градиента скорости как выражение зависимости (1)

С целью определения величин G по наиболее распространенному методу [2] для реальных условий целесообразно определить характеристики:

P — мощность с учетом КПД двигателя, $\cos \varphi$, теплотеря и КПД редуктора, Вт ($\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3}$, $\text{Н} \cdot \text{м/с}$);

V — объем реактора, м^3 ;

μ_a — абсолютная вязкость среды, $\text{Н} \cdot \text{с/м}^2$, $\text{кг/(м} \cdot \text{с)}$.

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu_a V}}. \quad (2)$$

Абсолютная вязкость μ_a принимается из расчета иловой смеси $0,001 \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}$, при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Важно знать, что для оценки иловых смесей высоких концентраций ($a_i \geq 10 \text{ г/л}$) оценку иловой смеси следует производить с корректировкой, поскольку жидкость попадает в область не ньютоновской.

Методикой оценки флокулирующей способности перемешивающих устройств предлагается обозначить средние скорости объемного потока перемешивания исходя из критерия поддержания активного ила во взвешенном состоянии ($v_{\text{взв}}$). Возможны технологические схемы с первичным отстаиванием

и без него, при скоростях $v_{взв} = 0,25$ и $v_{взв} = 0,28$ м/с соответственно. Характеристикой работы мешалок погружного типа является сила тяги, H , которая зависит от геометрии резервуаров аэротенков, их размеров и скоростей перемешивания. Эти параметры использовались в качестве исходных расчетных при описании резервуаров прямоугольной формы с рабочей глубиной не более 7 м (табл. 2), что вполне соответствует реальным условиям действительности.

Методическая последовательность выполняемых операций такова:

1. Выбор подходящего оборудования в соответствии с классификатором (см. табл. 1), по экстремальным критериям (max, min), а также по средневзвешенной величине для вариантов высокооборотных и низкооборотных мешалок. Данная операция достаточно сложна, поскольку требуется резервуар определенных геометрических размеров и объема исходя из силы тяги, H , реально существующего оборудования и при $v_{взв} = 0,25$ м/с.

2. Определение по характеристикам выбранного оборудования номинальной мощности P , кВт.

3. Определение по формуле (1) градиента скорости G , c^{-1} .

Т а б л и ц а 2

Определение градиента скорости G , c^{-1} , для прямоугольных зон (схемы с первичным отстаиванием) при соответствующих расчетных скоростях 0,25 м/с.

Мешалки	Характеристика	Прямоугольный резервуар		
		$L \times B \times H$, м (V , m^3)	P , кВт	G , c^{-1}
Низкооборотные	17 об./мин; 1,4 м; 220 Н	$9 \times 4 \times 3$ (108)	0,37	58,5
	30 об./мин; 2,5 м; 2270 Н	$34 \times 15 \times 6$ (3060)	2,06	25,9
	47 об./мин; 2,5 м; 4700 Н	$60 \times 34,5 \times 6$ (12420)	5,3	20,66
Высокооборотные	1400 об./мин; 0,21 м; 70 Н	$4 \times 1,9 \times 3$ (22,8)	0,5	148,09
	475 об./мин; 0,580 м; 2870 Н	$37 \times 2 \times 7$ (5180)	10,8	45,66
	360 об./мин; 0,77 м; 6440 Н	$71,5 \times 35 \times 6$ (15 015)	25,95	41,5

Таким образом, величина градиента G составляет для низкооборотных и высокооборотных мешалок 20,66...58,5 c^{-1} и 41,5...148,1 c^{-1} соответственно. Для сравнения представим оптимальные величины градиента скорости для камер смешения при использовании флокулянтов и коагулянтов в исследованиях по водоподготовке: $G = 300...1000 c^{-1}$ [3], $G = 500 c^{-1}$ [4]. Аналогичные данные для камер хлопьеобразования составляют $G = 200 c^{-1}$; при граничных исследованиях — $G = 40...200 c^{-1}$ [3], $G = 25 c^{-1}$ [4].

Аналитическими исследованиями были охвачены типичные для конструирования аэротенков резервуары различной формы — прямоугольной, круглой и карусельного типа (рис. 2).

Графические зависимости были обработаны эмпирически с математическим описанием:

$G = 170 \cdot V^{-0,224}$ — для условий использования низкооборотных (низкоскоростных, редукторных) мешалок;

$G = 300 \cdot V^{-0,215}$ — для условий использования высокооборотных (высокоскоростных, безредукторных) мешалок с прямым приводом нагрузки на вал.

Увеличение расчетной скорости перемешивания с 0,25 м/с до 0,28 м/с (для схем с первичным отстаиванием) во всех случаях влечет за собой увеличение G на 12...25 % [5].

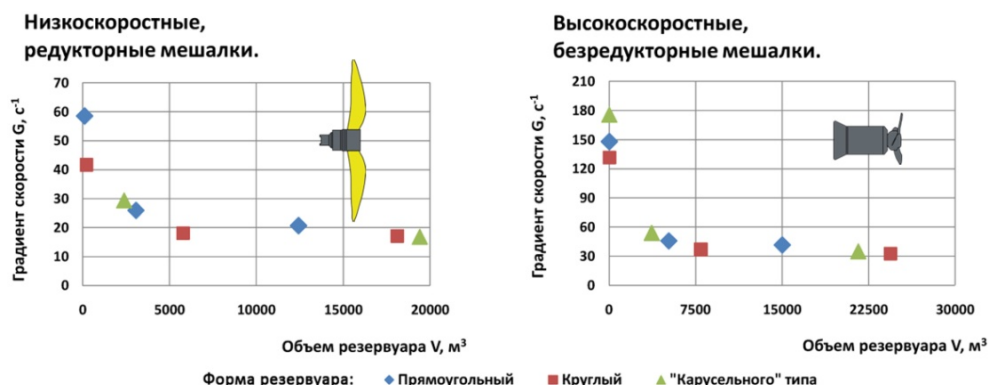


Рис. 2. Зависимость $G \sim f(V)$ для зон перемешивания в схемах очистки с первичным отстаиванием ($v_{взв} = 0,25$ м/с)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журба М. Г., Соколов Л. И., Говорова Ж. М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод. М.: АСВ, 2010. С. 552.
2. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П., Гетманцев С. В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. М., 2005. С. 576.
3. Алексеева Л. П., Курова Л. В. Особенности применения органических катионных флокулянтов при очистке воды поверхностных водоисточников // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 4. С. 20—26.
4. Гандурина Л. В., Потапова Л. В. Осаждающая способность коагулянта «АКВА-АУРАТ™30» в присутствии гидроксида кальция при очистке воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 4. С. 64—69.
5. Баженов В. И. Градиент скорости — характеристика для оценки устройств перемешивания активного ила аэротенков // Безопасность жизнедеятельности. 2009. № 3. С. 29—33.
1. Zhurba M. G., Sokolov L. I., Govorova Zh. M. Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzheniy: v 3 t. T. 2. Ochistka i konditsionirovanie prirodnnykh vod. M.: ASV, 2010. S. 552.
2. Draginskii V. L., Alekseeva L. P., Getmantsev S. V. Koagulyatsiya v tekhnologii ochistki prirodnnykh vod. M., 2005. S. 576.
3. Alekseeva L. P., Kurova L. V. Osobennosti primeneniya organicheskikh kationnykh flokulyantov pri ochistke vody poverkhnostnykh vodoistochnikov // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. 2012. № 4. S. 20—26.
4. Gandurina L. V., Potapova L. V. Osazhdayushchaya sposobnost' koagulyanta «AKVA-AURAT™30» v prisutstvii gidroksida kal'tsiya pri ochistke vody // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. 2012. № 4. S. 64—69.
5. Bazhenov V. I. Gradient skorosti — kharakteristika dlya otsenki ustroystv peremeshivaniya aktivnogo ila aepotenkov // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2009. № 3. S. 29—33.

© Баженов В. И., 2014

Поступила в редакцию
в октябре 2014 г.

Ссылка для цитирования:

Баженов В. И. Методика оценки перемешивающих устройств аэротенков на основе градиента скорости G // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2014. Вып. 4(35). Ст. 15. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

For citation:

Bazhenov V. I. [The method of estimating mixing devices for aeration tanks based on the velocity gradient G]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2014, no. 4(35), paper 15. (In Russ.). Available at: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>