

Эпоян С.М. Сухоруков Г.И.*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры***Яркин В.А.***Коммунальное предприятие «Харьковводоканал»***УСЛОВИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СМЕСИТЕЛЕЙ**

Для повышения эффективности подготовки питьевой воды из поверхностных источников происходит реагентная обработка воды.

Смешение исходной воды с реагентом может осуществляться в различных устройствах [1-7] и должно быть полным и быстрым. Все устройства для смешивания воды с реагентом можно разделить на два вида: гидравлическое смешивание исходной воды с реагентом и механическое. Основное различие между двумя видами заключается в том, что при гидравлическом смешивании происходит смешивание за счет гидравлической энергии потока воды, а при механическом — за счет внешней энергии (мешалок различных конструкций, приводящихся во вращение за счет электродвигателя или других устройств [2-4]).

В данной работе рассматриваются вопросы моделирования гидравлических смесителей потому, что механические смесители в нашей стране не нашли широкого распространения не только потому, что требуются затраты на электроэнергию, но и потому, что все вращающиеся части, которые находятся в агрессивной среде требуют дополнительных эксплуатационных затрат.

Смесители гидравлического типа характеризуются конструктивной простотой и эксплуатационной надежностью, однако при расходах обрабатываемой воды меньше расчетных они не обеспечивают надежного эффекта смешения [5, 8, 9].

На крупных водоочистных комплексах находят применения перегородчатые смесители коридорного типа с горизонтальным движением воды с поворотами на 180° , число поворотов 8-10 [3, 4, 8, 10].

Исследования в натуральных условиях работы смесителей представляют определенные трудности так, как на станциях очистки воды должно находиться не

меньше двух смесителей, а резервных смесителей не предусматривается [6], что очень затрудняет условия исследований и эксплуатации. Поэтому, лучше проводить исследования работы смесителя в лабораторных условиях на моделях.

Основной задачей при исследовании смесителей в лабораторных условиях есть выбор критерия по которому можно моделировать процесс смешения исходной воды с реагентами и методика определения эффективности смешивания.

Моделирование физических явлений представляет собой эффективный метод экспериментальных исследований. Этот метод позволяет на уменьшенной или увеличенной модели изучаемого процесса проводить качественные и количественные наблюдения физических закономерностей, имеющих в природе, которая часто бывает недоступна для исследований. При этом, изучение явлений на модели можно осуществить значительно проще и полнее, чем в природе. Однако, результаты опытов, проведенных на моделях, могут быть применимы для условий природы, если при их проведении будут соблюдены определенные законы моделирования.

Моделирование является весьма большой и ответственной научной задачей, оно базируется на теории подобия, которая широко применяется при изучении различных физических закономерностей, в том числе и гидродинамических.

Существует два метода моделирования явлений: физический и математический.

Задача физического моделирования - воспроизведение в уменьшенном масштабе изучаемого явления. Естественно, что такое воспроизведение должно обеспечить полное подобие натурального и модельного явления; это означает, что на модели должны наблюдаться процессы той же физической природы, что и в природе;

когда речь идет о движении жидкости, то должно быть обеспечено полное механическое подобие явления; только в этом случае результаты, наблюдаемые на модели, могут быть перенесены на натуру.

Математическое моделирование основано на иной идее; здесь речь идет о решении системы дифференциальных уравнений, описывающих тот или иной процесс, на основе аналогии с другим процессом, описываемым уравнениями того же типа; при этом в качестве аналога необходимо подобрать такое явление, которое имеет надежное экспериментальное решение.

При моделировании гидравлических явлений различают динамические, кинематические и геометрические подобия [11, 12]. Для успешного моделирования нужны условия соблюдения всех этих подобий.

Геометрическое подобие заключается в подобии формы

$$L_n/L_m=L_\lambda$$

где L_n - размер натурной системы; L_m - размер модельной системы; L_λ - коэффициент масштаба геометрического подобия.

Кинематическое подобие заключается в равенстве отношений скоростей всех соответствующих частей жидкости в модели и в натурном объекте, а траектории движения частиц жидкости в обеих системах геометрически подобные.

При динамичном подобии системы должны быть геометрически и кинематически подобны, а отношения сил которые действуют в потоках обеих систем равны между собой. [12,13].

Создать такие условия при моделировании практически невозможно. Так, при моделировании желательно учесть действия сил тяжести и трения [12,13], то есть необходимо одновременно получить равенство чисел Рейнольдса и Фруда для модели и натуре.

Критерий Фруда определяется по зависимости [14]

$$Fr = \frac{V^2}{gL}$$

где V – скорость движения потока воды в натурном сооружении или в модели; g -

ускорение силы тяжести для натуре и модели; L - характерный размер натурного сооружения или модели.

Таким образом получаем $\frac{V_n^2}{g_n L_n} = \frac{V_m^2}{g_m L_m}$, или при равенстве g_n и g_m

(если жидкость такая же). $V_m = \frac{V_n}{\sqrt{\frac{L_n}{L_m}}}$ или

$$V_m = \frac{V_n}{\sqrt{L_\lambda}}$$

Критерии Рейнольдса определяются по зависимости [14-16]

$$R_e = \frac{V \cdot L}{\nu}$$

где ν - коэффициент кинематической вязкости

Следовательно, получаем $\frac{V_n \cdot L_n}{\nu_n} = \frac{V_m \cdot L_m}{\nu_m}$, при равенстве ν_n и ν_m

(если жидкость такая же) $\nu_n \cdot L_n = \nu_m \cdot L_m$

откуда $V_m = \frac{V_n \cdot L_n}{L_m}$

Из вышеизложенного видно, что при моделировании по критерию Фруда, скорость движения потока воды в модели необходимо уменьшить в величину корня квадратного с коэффициента масштаба геометрического подобия, а при моделировании по критерию Рейнольдса ее необходимо увеличить в величину коэффициента масштабного геометрического подобия, что одновременно сделать невозможно.

Поэтому при моделировании исследуется действие одной силы, которая является главной в явлении, что изучается [11,12]. Однако пренебрежение влияния других сил может привести к определенным неточностям в конечных результатах.

Согласно А.А. Сурина [17], для геометрически подобных модели и натуре рассматривают явление движения взвеси в условиях равенства скоростей ($V_m = V_n$), исходя из следующих положений:

- при тождестве входных условий и равенстве скоростей закон падения их в

струе будет один и тот же для модели и природы;

- при сохранении геометрического подобия модели и природы и равенства скоростей в них моделировать взвесь не требуется вследствие одинаковых условий ее осаждения (равенство охватываемых скоростей);

- при геометрическом подобии природы и модели равенство скоростей обеспечивает сохранение основных факторов образования и осаждения хлопьев коагулянта.

При моделировании по равенству скоростей ($V_m = V_n$) закон уменьшения скорости в расширяющихся струях природы и модели можно записать следующим образом:

$$\frac{V}{V_m} = \frac{m \delta f_m}{\delta L_m + m \delta f_n} = \frac{m f_n}{L_n + m f_n},$$

где V – скорость в безграничной среде, мм/сек; V_m – скорость истечения, мм/сек; m – численный коэффициент; δ – масштаб моделирования; f_m, f_n – площади входных отверстий модели и природы, m^2 ; L_m, L_n – расстояние от входного отверстия до рассматриваемого сечения в модели и природе, m .

Таким образом, при геометрическом подобии и равенстве скоростей в определенных частях модели и природы будет действовать один и тот же закон уменьшения скоростей в расширяющихся струях.

Числа Рейнольдса, определяемые по критерию Фруда [16] и методу равенства скоростей [17], составляют следующие величины:

$$\text{по Фруду } R_{e,m} = \frac{R_{e,n}}{\delta^{3/2}}$$

$$\text{по А.А. Сурину } R_{e,m} = \frac{V R_{e,n}}{v}$$

Для модели $\delta = 10$ по Фруду $R_{e,m} = 540$, а по А.А. Сурину $R_{e,m} = 1720$.

При моделировании по Фруду наблюдается ламинарный режим, а при моделировании по принципу равенства скоростей режим движения на модели соответствует режиму в природе, и можно полагать, что искажение основных сил при этом будет незначительным. Моделирова-

ние по принципу равенства скоростей позволяет удовлетворить многим критериям подобия: R_e, F_r и др.

Таким образом, в случае со смесителем, в том числе и с перегородчатым смесителем коридорного типа необходимо придерживаться моделирования по критерию равенства скоростей при геометрическом подобии модели и природы, а также при сохранении режима движения воды в них.

При моделировании смесителей коридорного типа важное значение имеет состав взвеси, которая находится в потоке. В практике экспериментальных исследований взвесь часто моделируют, что может привести к искажению получаемых результатов, так как моделируемые частицы не имеют особенностей, присутствующих у натуральной взвеси. В связи с этим использование натуральной взвеси при моделировании наиболее приемлемо.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение: Учебник для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. / Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
2. Водоснабжение / [А.Я. Найманов, С.П. Никиша, Н.Г. Насонкина и др.] – Донецк: ООО «Норд Компьютер», 2006. – 654 с.
3. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод: Навчальний посібник / [С.М. Епоян, В.Д. Колотило, О.Г. Друшляк та ін.]. – Харків: Фактор, 2010. – 192 с.
4. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3т. Т2. Очистка и кондиционирование природных вод. – Изд. 3-е, перераб. и доп.: Учебное пособие / [М.Г. Журба, Л.И.Соколов, Ж.М.Говорова]. – М.: Изд. АСВ, 2010.– 532 с.
5. Мякишев В.А. Модернизация коммунальных систем водоснабжения и водоотведения / В.А. Мякишев.– Симферополь: НАПКС, 2005.– 200с.
6. Тугай А.М. Водопостачання: Підручник / А.М. Тугай, В.О.Орлов. – К.: Знання, 2009.– 735 с.
7. Хоружий П.Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П.Д. Хоружий, Т.П. Хомутецька, В.П. Хоружий. – К.: Аграрна наука, 2008.-534 с.
8. ДБН В.2.5.-74: 2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Міністерство

- регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.– 172 с.
9. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий / [В.А. Клячко, С.Н. Аронов, В.И. Лазарев и др.] : под общ. ред. И.А. Назарова.- [2-е изд. перераб и доп.]- М.: Стройиздат, 1977.- 288 с.- (Справочник проектировщика).
 10. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод: Учебник / Г.И.Николадзе.- М: Высш. шк., 1987. - 479с.
 11. Леви И.И. Моделирование гидравлических явлений / И.И.Леви. - М: Госэнергоиздат, 1960. - 320с.
 12. Лапшев Н.Н. Гидравлическое моделирование. Учебное пособие / Н.Н.Лапшев. – Ленинград, 1980. - 72 с.
 13. Гнедин К.В. Режим работы и гидравлика горизонтальных отстойников / К.В.Гнедин Киев: Изд-во «Будівельник». 1974. - 81с.
 14. Чугаев Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов. – 4-е изд. доп. и перераб. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние. 1982. – 672 с.
 15. Науменко І.І. Технічна механіка рідини і газу: [підруч. для вищ. навч. закл.] / І.І. Науменко. – Рівне: Видавництво Рівненського державного технічного університету, 2000, - 528 с.
 16. Справочник по гидравлике / [В.А. Большаков, Ю.М. Константинов, В.Н.Попов и др.]; под ред. В.А. Большакова. - [2-е изд. перераб. и доп.]. – К.: Вища шк. 1984.- 343 с.
 17. Сурин А.А., Городищер З.Я. Исследование на моделях режима работы горизонтальных отстойников / А.А. Сурин, З.Я. Городищер / Сборник научных работ ЛИИИКХ. Л., 1950, - Вып. 1.

УДК 628.35

Эпоян С.М., Фомин С.С.*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОЗАВОДА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Сточные воды молокоперерабатывающих предприятий характеризуются значительным непостоянством концентраций загрязняющих веществ и расходом на протяжении суток, даже на тех предприятиях, которые имеют установленный профиль производства [1-4]. Также в состав сточных вод молокозавода входит большое количество белковых веществ и жиров, что обуславливает высокие значения биохимического и химического потребления кислорода (БПК, ХПК). Образующиеся на предприятиях молочной промышленности производственные сточные воды, содержат продукты переработки молока и выпускаемой продукции (масло, сметана, сыр), и вещества, поступающие в сточные воды от эксплуатации оборудования применяющегося на производстве [5-10].

Часто на предприятиях отрасли, расположенных в черте города в условиях плотной городской застройки, отсутствует возможность размещения полноценного комплекса очистных сооружений в связи с ограниченностью свободных земельных площадей. В таких случаях улучшить качество сточных вод перед сбросом в городскую сеть водоотведения предприятие может лишь за счет применения максимально компактных технологий очистки [6].

Целью данной работы является разработка компактной и эффективной технологии предварительной очистки производственных сточных вод молокозавода перед сбросом их в систему водоотведения города.

Для оценки эффективности очистки реальных сточных вод молокозавода с использованием комбинации физико-хими-