

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЕРЕГОРОДЧАТОГО СМЕСИТЕЛЯ КОРИДОРНОГО ТИПА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности работы перегородчатого смесителя коридорного типа за счет установки щелевой перегородки. Эксперименты проводились в три этапа. На первом этапе определялась интенсивность смешения раствора коагулянта с исходной водой по её щелочности. Второй этап посвящен определению коэффициента эффективности смешения. Цель третьего этапа – определение эффективности работы перегородчатого смесителя коридорного типа усовершенствованной конструкции. Эксперименты показали, что наибольшая эффективность работы перегородчатого смесителя коридорного типа достигается при установке щелевой перегородки с размером щели, скорость движения воды в которой равна 1 м/с.

Ключевые слова: перегородчатый смеситель, щелевая перегородка, повышение эффективности, экспериментальная установка, технологическое моделирование.

Введение. В настоящее время для очистки воды из поверхностных источников водоснабжения от грубодисперсных, коллоидных и других загрязнений наибольшее распространение получила физико-химическая технология, в который процессы отстаивания и фильтрования являются важными элементами при подготовке воды питьевого качества [1-5].

Для хозяйственно-питьевых целей, как правило, применяется реагентное хозяйство, смесители, сооружения для очистки воды.

Анализ опыта работы водопроводных станций и других исследований показывает, что для большинства станций, и, практически для всех действующих станций и очистных сооружений, основной проблемой и главной технологической задачей является совершенствование и оптимизация режима реагентной обработки воды с применением коагулянтов [6-10].

Постановка проблемы. Для смешения растворов реагентов с обрабатываемой водой служат смесители. До последнего времени считалось, что назначение смесителей состоит в равномерном распределении коагулянта в обрабатываемой воде. В существующей практике принято считать, что смешение должно закончиться до того, как

начнется образование хлопьев во всей массе воды [11].

Сегодня существует мнение, что смешение коагулянта с водой должно быть проведено чрезвычайно быстро и процесс, происходящий в смесителе, имеет решающее значение для последующих стадий коагуляции [7, 9, 12-14].

В нашей стране широко распространены смесители гидравлического типа, к которым относится и перегородчатый смеситель коридорного типа [3, 12, 15-17]. Гидравлические смесители зарекомендовали себя как простые и надежные сооружения при их эксплуатации.

В работах ряда исследователей все больше внимание уделяется значению процесса смешения воды с коагулянтом в технологии очистки воды [18]. Наряду с положительными сторонами работы гидравлических смесителей есть и недостатки в их работе, в частности неравномерности распределения коагулянта по длине смесителей [18, 19], применение их для смешения воды, как правило, с одним коагулянтом, невозможность регулировать интенсивность смешения [20]. Эти недостатки присущи и перегородчатым смесителям коридорного типа.

Для устранения указанных недостатков на кафедре водоснабжения, канализации

и гидравлики Харьковского национального университета строительства и архитектуры предложен перегородчатый смеситель коридорного типа усовершенствованной конструкции [21, 22], отличительной особенностью которого является то, что в коридорах смесителя устанавливаются съемные поперечные щелевые перегородки, а раствор коагулянта подается перед щелевыми перегородками по ходу движения воды через лучевые дырчатые или щелевые распределители, лучи которых располагаются перпендикулярно щелям съемных перегородок. Такой смеситель позволяет смешивать несколько реагентов с интервалом времени и регулировать интенсивность смешения.

Целью данной работы является определение эффективности работы разработанного перегородчатого смесителя коридорного типа усовершенствованной конструкции.

Материалы и методы исследования. Исследования перегородчатого смесителя коридорного типа усовершенствованной конструкции проведены на модели 1:4 в лабораторных условиях [23].

Исследования были проведены в три этапа. На первом этапе эксперименты проводили с целью определения интенсивности смешения раствора коагулянта ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) с исходной водой по щелочности воды. Ввод раствора коагулянта снижает щелочность воды. По определению щелочности воды в местах отбора проб можно определить интенсивность смешения воды с раствором коагулянта. При полном смешении воды с раствором коагулянта щелочность воды должна быть практически одинакова в двух точках отбора проб, расположенных в одном сечении, но разных по высоте.

Дополнительные щелевые поперечные перегородки установлены в первом и третьем коридоре экспериментальной установки, так как в этих коридорах наибольшая интенсивность смешения исходной воды с раствором коагулянта за счет большей скорости движения потока воды в этих коридорах. Щелочность воды в точках отбора проб определяли путем титрования соляной кислотой в присутствии индикатора (метиловый ранж).

Экспериментальные исследования на первом этапе показали, что предлагаемая конструкция перегородчатого смесителя коридорного типа значительно увеличивает интенсивность смешения реагентов с водой и создает эффективные условия для смешения нескольких реагентов с водой, что значительно может расширить область применения смесителей.

На втором этапе эксперименты проводили с целью определения коэффициента эффективности смешения. В качестве замутнителя служил коагулянт – сернокислый алюминий. Коэффициент эффективности смешения (K_c) определяли как отношения минимальной мутности воды (M_{\min}) к максимальной в пробах, которые отбирали в одном и том же месте канале смесителя, но на разных высотах потока.

В исследованиях были приняты щелевые перегородки при скорости движения воды в щелях $0,9 \div 1,1$ м/с, а в коридорах от $0,7$ до $0,5$ м/с. Щелевые перегородки устанавливали в первом коридоре. Температура воды изменялась от 7 до 17°C . Опыты проводили при одинаковых условиях работы перегородчатого смесителя коридорного типа как с щелевыми перегородками, так и без них, что давало возможность сравнивать коэффициенты эффективности смешения.

Эксперименты показали, что коэффициент эффективности смешения достигает своего максимального значения ($K_c=1$) значительно раньше в смесителе с щелевой перегородкой.

На третьем этапе исследования проводили с целью определения эффективности работы перегородчатого смесителя коридорного типа усовершенствованной конструкции, которые заключались в определении мутности воды после отстаивания.

Для определения эффективности работы перегородчатого смесителя усовершенствованной конструкции предлагается зависимость:

$$C_{щ} = \left(1 - \frac{M_{щ}}{M_c} \right) \cdot 100\% , \quad (1)$$

где: $C_{щ}$ – повышение эффективности работы смесителя усовершенствованной конструкции, %; $M_{щ}$ – мутность осветленной воды по-

сле перегородчатого смесителя усовершенствованной конструкции, НОК; M_c – мутность осветленной воды после обычного перегородчатого смесителя, НОК.

Опыты проводили при равных условиях работы смесителя усовершенствованной конструкции и обычного смесителя. Щелевую перегородку устанавливали в смесителе усовершенствованной конструкции в начале первого коридора, которую потом снимали и проводили опыты для обычного смесителя или устанавливали другую перегородку. В качестве замутнителя служил ил реки Северского Донца. Исследовали три перегородки. Скорость движения воды в щелях перегородок составляла 0,9; 1,0; 1,1 м/с. Для каждой перегородки проведено по 3 серии опытов.

Мутность воды определяли по известным методикам на основании технологического моделирования процесса осаждения [24]. Пробы воды отбирали на выходе потока из смесителя в цилиндры и проводили медленное перемешивание. Затем цилиндры с водой оставляли в состоянии покоя на 20 ми-

нут для отстаивания образовавшихся при коагулировании хлопьев. В течение этого времени контролировали процесс осветления воды, который может наблюдаться в отстойнике. Осаждение в течение 10-30 минут в слое воды порядка 10 сантиметров в наибольшей степени соответствует условиям осветления воды в производственных отстойниках глубиной 3-4 метра за 2-3 часа.

Пипеткой на высоте 8-10 сантиметров от уровня воды в цилиндре отбирали пробы. Затем наливали в конические колбы и взбалтывали до полного разрушения хлопьев. С помощью фотоэлектроколориметра определяли степень осветления воды путем измерения оптической плотности. Часть проб опытов проверяли весовым методом.

Пробы с разрушенными хлопьями имеют оптическую плотность пропорциональную весовой концентрации взвешенных веществ [6].

Результаты экспериментов и определение эффективности работы перегородчатого смесителя коридорного типа усовершенствованной конструкции приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Повышение эффективности работы перегородчатого смесителя коридорного типа усовершенствованной конструкции.

№ п/п	Мутность исходной воды, (НОК)	Температура воды (°C)	Скорость движения воды в щелях, перегородках (м/с)	Мутность осветленной воды (НОК)		Повышение эффективности $C_{щ}$, %
				$M_{щ}$	M_c	
1	171.0	17	0.9	13.6	17.2	21
2	86.0	17	0.9	13.7	17.0	19
3	223.6	15	0.9	14.6	18.6	21
4	240.8	12	0.9	16.8	20.6	18
5	103.2	10	0.9	22.5	25.8	13
6	137.6	7	0.9	24.0	27.5	13
7	171.0	17	1.0	13.0	17.2	24
8	86.0	17	1.0	13.1	17.0	23
9	223.6	15	1.0	14.3	18.6	23
10	240.8	12	1.0	16.2	20.6	21
11	103.2	10	1.0	21.8	25.8	16
12	137.6	7	1.0	23.3	27.5	15
13	171.0	17	1.1	13.5	17.2	22
14	86.0	17	1.1	13.5	17.0	21
15	223.6	15	1.1	14.8	18.6	21
16	240.8	12	1.1	16.5	20.6	20
17	103.2	10	1.1	24.4	25.8	14
18	137.6	7	1.1	22.8	24.0	13

Как видно из табл. 1 наибольший эффект осаждения флокул наблюдается при установке в смесителе щелевой перегородки при скорости движения воды в щели равной 1,0 м/с. При увеличении или уменьшении этой скорости эффект осаждения уменьшается. Это может быть вызвано тем, что с уменьшением скорости движения воды в щели флокулы становятся менее плотными, а с увеличением скорости — подвергаются разрушению.

Выводы. На основании проведенных экспериментальных исследований получено:

- 1) установка щелевой перегородки в коридоре перегородчатого смесителя повышает эффективность его работы;
- 2) наибольшая эффективность работы перегородчатого смесителя коридорного типа достигается при установке щелевой перегородки с размером щели в которой скорость движения воды равна 1,0 м/с.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Водоснабжение / [А.Я. Найманов, С.Б. Никиша, Н.Г. Насонкина и др.] – Донецк: ООО «Норд Компьютер», 2006. – 654 с.
2. Грабовский П.А. Очистка природных вод: Учебное пособие / П.А. Грабовский, Г.М. Ларкина, В.И. Прогульный. – Одесса: ОГАСА, 2003. – 267 с.
3. Тугай А.М. Водопостачання: Підручник / А.М. Тугай, В.О. Орлов. – К.: Знання, 2009. – 735 с.
4. Технический справочник по обработке / [Дегремон]. – Изд. 2-е перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Новый журнал, 2007. – 1052 с.
5. Фізико-хімічні методи обробки природних вод: Навчальний посібник / [С.М. Епоян, Р.І. Назарова, О.М. Коновалов та ін.]. – Харків: Точка, 2010. – 262 с.
6. Драгинский В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В.Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С.В. Гетманцев. - М.: Наука, 2005. - 576 с.
7. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. 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.
8. Колотило В.Д. Технології кондиціонування питної води / В.Д. Колотило, Д.С. Намяк. — Харків: Основа, 2006 — 208с.
9. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод: Учебник / Г.И. Николадзе. - М.: Высш. шк., 1987. - 479с.
10. Алексеева Л.П. Оптимизация процессов очистки воды малозагрязненных источников водоснабжения / Л.П. Алексеева, С.Е. Алексеева, Л.В. Курова // Водоснабжение и санитарная техника: ВСТ. – М., 2014. - №9. – С.10-20.
11. Клячко В.А. Очистка природных вод / В.А. Клячко, И.Э. Апельцин, - М.: Стройиздат, 1971. - 578 с.
12. 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.
13. Кульский Л.А. Технология очистки природных вод / Л.А. Кульский, П.П. Строкач. – К.: Высш. шк., 1986 – 352с.
14. Куликов Н.И. Теоретические основы очистки воды: Учебное пособие / [Н.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышев]. – Донецк: Издат. «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2009. – 298 с.
15. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник / А.К. Запольський. – К.: Вища шк., 2005. – 671 с.
16. Орлов В.О. Проектування станції прояснення та знебарвлення води / В.О. Орлов, С.Ю. Мартинова, А.М. Зошук. — Рівне: НУВГП, 2007 — 252с.
17. Проектування і розрахунок водопровідних очисних споруд систем господарсько-питного водопостачання з поверхневих водних джерел: Навчальний посібник / С.М. Епоян, І.Л. Копелевич, О.Г. Друшляк та ін.: під ред. С.М. Епояна. – Харків: СПДФО Федорко М.Ю., 2006. – 204 с.
18. Апельцина Е.И. Современный опыт конструирования и эксплуатации сооружений для коагулирования воды. Обзорная информация. ЦБНТИ МЖКХ РСФСР. Серия: водоснабжение и канализация 3(40). - М., 1978. – 41 с.
19. Епоян С.М. Існуючі споруди змішування природних вод і методи їх удосконалення / С.М. Епоян, Г.І. Сухоруков, В.А. Яркін // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. - №2 (80). – С. 201 – 205.

20. ДБН В.2.5.-74: 2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіон України, 2013.– 172 с.
21. Патент на винахід №112131 Україна МПК (51) ВОІФ 5/02СО2F 1/52 ВОІФ 5/06. Перегородчатий змішувач / С.М. Епоян, В.А. Яркін, Д.Г. Сухоруков, Т.С. Айрапетян (Україна) – № а201502578: Заявлено 25.09.2015: Опубл. 25.07.2016, Бюл. №14.-4с.
22. Эпоян С.М. Метод повышения эффективности смешения природной воды с реагентом и методика проведения исследований / С.М. Эпоян, Г.И. Сухоруков, В.А. Яркин // Научный вестник строительства. – Харьков: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. - №1 (83). – С. 187–193.
23. Яркин В.А. Экспериментальные исследования по модернизации смесителя перегородчатого типа / В.А. Яркин // Научный вестник строительства. - Харьков: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2017.-Т.87, №1.- С.143-148.
24. ДСТУ ISO 7027:2003. Якість води. Визначення каламутності. – К.: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. – 12 с.

Яркін В.А., Епоян С.М., Сухоруков Г.І. ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПЕРЕГОРОДЧАТОГО ЗМІШУВАЧА КОРИДОРНОГО ТИПУ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ. У статті розглянуті питання підвищення ефективності роботи перегородчатого змішувача коридорного типу за рахунок установки щілинної перегородки. Експерименти проводилися в три етапи. На першому етапі визначалася інтенсивність змішування розчину коагулянту з вихідною водою за її лужністю.

Другий етап присвячений визначенню коефіцієнту ефективності змішування. Мета третього етапу - визначення ефективності роботи перегородчатого змішувача коридорного типу вдосконаленої конструкції. Експерименти показали, що найбільша ефективність роботи перегородчатого змішувача коридорного типу досягається при встановленні щілинної перегородки з розміром щілини швидкість руху води в якій дорівнює 1 м/с.

Ключові слова: перегородчатий змішувач, щілинна перегородка, підвищення ефективності, експериментальна установка, технологічне моделювання.

Yarkin V.A., Epoyan S.M., Sukhorukov G.I. DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF WORK IN THE CORRIDOR TYPE CLOISSONNÉ MIXER OF IMPROVED CONSTRUCTION. The article considers the issues of increasing the efficiency of the corridor type cloisonné mixer. Due to the installation of a slotted partition. The experiments were carried out in three stages. At the first stage, the intensity of mixing of the coagulant solution with the raw water was determined from its alkalinity. The second stage is devoted to determining the mixing efficiency. The goal of the third stage is to determine the efficiency of the corridor type cloisonné mixer of an improved design. Experiments have shown that the maximum efficiency of a corridor type cloisonné mixer is achieved when installing a slotted partition with a slit size whose water velocity is 1 m/s.

Keywords: cloisonne mixer, slotted partition, efficiency increase, experimental installation, technological modeling.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-91-1-214-220
УДК 697.7

Болотских Н.Н., Болотских Н.С.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(ул. Сумская, 40. г. Харьков, 61002. Украина; e-mail: tgvtver@gmail.com)*

ЗАРУБЕЖНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФРАКРАСНОГО ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ

В статье описаны наиболее эффективные зарубежные технологии инфракрасного отопления помещений с помощью пленочных электрических обогревателей, приведены технические характеристики и описание тепло-излучающих пленок, выпускаемых различными мировыми компаниями, дан анализ этих пленок, приведены рекомендации по их применению в Украине для снижения расходов электроэнергии на отопление различных помещений.

Ключевые слова: инфракрасное отопление, пленочные электрические обогреватели, энергоэффективность.