

Разработка конструкции смесительного узла для высокоградиентного перемешивания растворов коагулянтов с водой

М.А. Сафронов, Т.В. Малютина, И.А. Хорева

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Аннотация: Приведены параметры работы смесителей, широко используемых в практике водоочистки. Предложена новая конструкция смесительного узла, обеспечивающего процесс быстрого и полного перемешивания реагентов с обрабатываемой водой с использованием способа концентрированного коагулирования, а также аэрации. Дано подробное описание конструкции, принципа работы и основных расчетных параметров смесителя, используемого в смесительном узле.

Ключевые слова: природная вода, коагулянт, смеситель, концентрированное коагулирование, аэрация, градиент скорости, вращательное движение.

В случае использования в населенном пункте поверхностного источника водоснабжения важнейшим элементом системы водоснабжения являются очистные сооружения (ОС). Очистка воды из таких источников как реки или водохранилища в большинстве случаев осуществляется в две ступени с непременным использованием реагентов, позволяющих снижать содержание различных примесей до предельно допустимых значений [1,2]. В этой связи немаловажную роль при очистке природных вод играет процесс смешения добавляемых реагентов, таких как коагулянты и флокулянты, в обрабатываемую воду. Сам процесс смешения осуществляется в смесителях, которые могут работать либо за счет чисто гидравлических факторов, либо с помощью механических мешалок. Следует отметить, что основным критерием эффективности работы, как первых, так и вторых, конечно, является время, за которое реагент полностью растворится в обрабатываемой воде и по этому параметру механические смесители существенно опережают гидравлические (в 2-5 раз). Однако такая высокая скорость может вызвать разбивание образовавшихся микрохлопьев и снизить эффективность очистки на последующих сооружениях. Также следует отметить, что процесс смешения помимо выбранной конструкции

смесительного устройства зависит также и от других факторов, таких, как, например, способ ввода коагулянта, а также одновременное добавление в воду воздуха [3,4].

При разработке конструкции смесительного узла авторами была рассмотрена двухступенчатая схема очистки воды (рис. 1), достаточно часто используемая при заборе воды из поверхностного источника [5,6]. Ступенями очистки в такой схеме является отстаивание и фильтрование, которые в данном случае осуществляются на горизонтальном отстойнике (2) и скором фильтре (3). Что касается реагентной обработки, то она в данной схеме представлена коагулированием, флокулированием, а также хлорированием воды. Коагулянт и флокулянт вводятся в смеситель гидравлического типа (1), а процесс хлопьеобразования происходит в камере, встроенной в отстойник. Обеззараживание хлором производится дважды, после вторичного хлорирования воды собирается в резервуары чистой воды (4) из которых насосами насосной станции второго подъема направляется в водопроводную сеть населенного пункта. В качестве исходных данных примем наиболее часто используемые реагенты: коагулянт – сернокислый алюминий и флокулянт – полиакриламид.

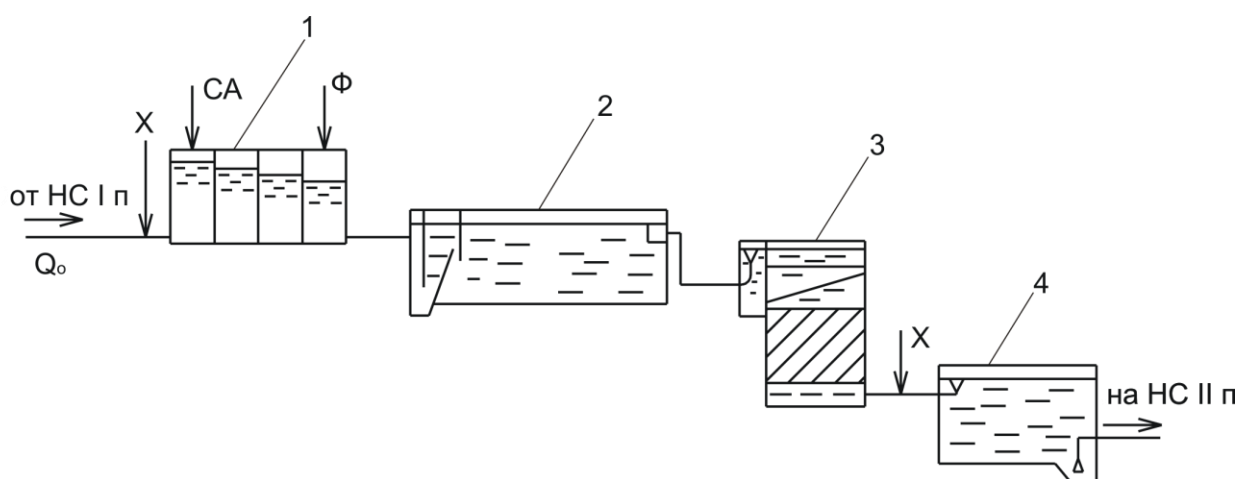


Рис. 1.

Разработанная авторами конструкция смесительного узла предусматривает возможность реагентной обработки воды одним или несколькими коагулянтами с использованием концентрированного способа ввода коагулянтов, также в процессе смешивания в обрабатываемую воду добавляется сжатый воздух. Технологический прием концентрированного ввода коагулянта, заключающийся в добавлении реагента в часть обрабатываемой воды с последующим перемешиванием с остальным объемом воды позволяет достигать экономии реагента [7], а аэрирование воды является существенным фактором интенсификации процесса коагулирования [8]. Возможность введения одного или нескольких (смеси) коагулянтов позволяет чередовать минеральные коагулянты, такие как, сернокислый алюминий и полиоксихлорид алюминия используя их поочередно или, в случае необходимости, вместе. Одновременное введение нескольких коагулянтов возможно в периоды, когда исходная мутность достигает максимальных значений и сернокислый алюминий не может гарантировать очистку воды до требуемых показателей (мутность менее 1,5 мг/л) при выполнении предельно допустимых концентраций по остаточному алюминию [9]. Для перемешивания воды с растворами коагулянтов и воздухом предлагается использовать вихревой смеситель, работа которого позволяет снизить дозу используемых реагентов и повысить энергоэффективность работы смесительного узла [10]. Схема предлагаемой конструкции смесительного узла представлена на рис. 2.

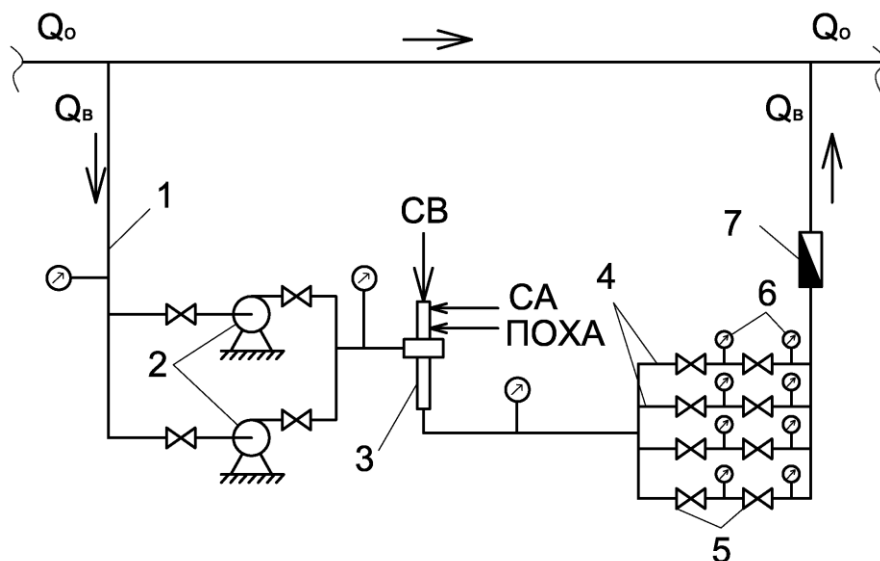


Рис. 2.

Смесительный узел в рассматриваемой технологической схеме очистки (см. рис. 1) монтируется после первичного ввода хлора, введение которого интенсифицирует процесс коагуляционной обработки воды. Часть обрабатываемой воды (20-30 %) отводится на реагентную обработку по способу концентрированного коагулирования по трубопроводу (1). Затем при помощи двух параллельно установленных центробежных насосов (2) исходная вода поступает в вихревой смеситель (3), который за счет создания высокотурбулентного вращательно-поступательного движения обеспечивает высокоградиентное перемешивание воды с растворами реагентов. В смеситель могут подаваться коагулянты сернокислый алюминий, а также полиоксихлорид алюминия поочередно или в случае необходимости одновременно – смешанный минеральный коагулянт. Также в смеситель предусмотрена подача сжатого воздуха в объеме составляющем 10 % от расхода обрабатываемой воды. Полученная водовоздушная смесь затем направляется на распределительные линии (4), на которых установлены дроссельные устройства (5), позволяющие регулировать градиент скорости в процессе работы смесительного узла. Максимальное количество работающих распределительных линий может достигать четырех и варьируется в

процессе обработки воды. Также на распределительных линиях установлены манометры (6), позволяющие оперативно корректировать градиент скорости, величина которого в процессе работы смесительного узла может достигать 32000 с^{-1} . Затем водовоздушный поток проходит через расходомер (7) и направляется в основной поток обрабатываемой воды. После смешивания вспомогательного потока с основным, вода поступает на сооружение первой ступени очистки, которым в данной технологической схеме выступает горизонтальный отстойник со встроенной камерой хлопьеобразования.

Основополагающим элементом предлагаемого смесительного узла является вихревой смеситель, обеспечивающий эффективное смешивание воды с реагентами и воздухом. Смеситель выполнен из стали, его схема представлена на рис. 3.

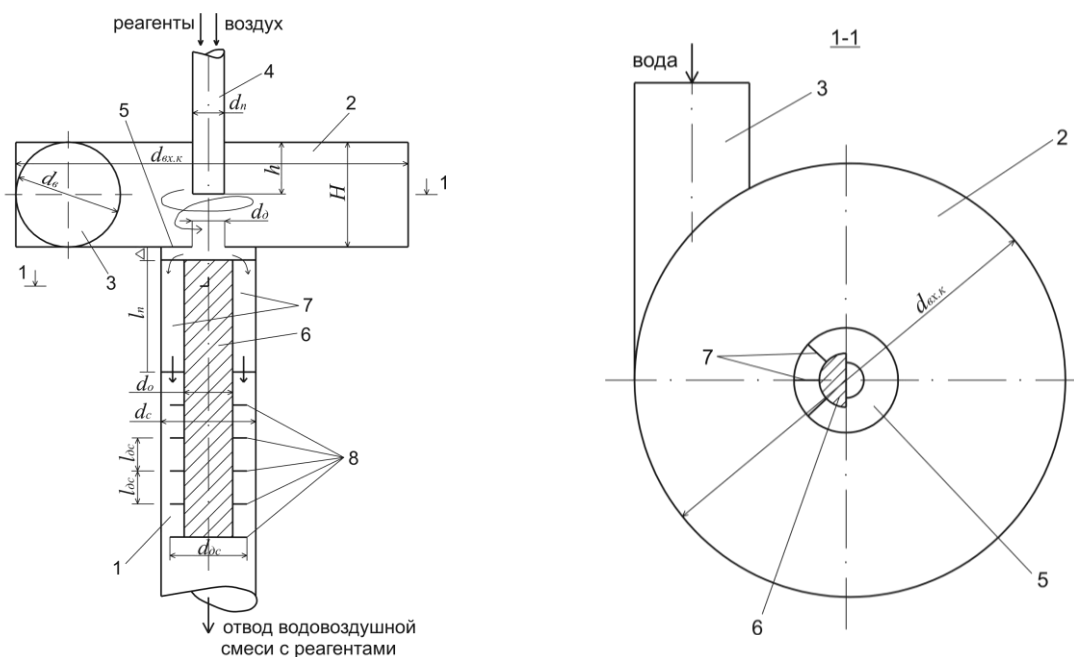


Рис.3.

Основными элементами вихревого смесителя являются ствол (1) и входная камера (2). Подача исходной воды осуществляется по трубопроводу (3), где поток, осуществляя вращательно-поступательное движение, направляется к трубчатому стволу. Подача коагулянтов (одного или

нескольких), а также воздуха осуществляется по трубопроводу (4). На входе в ствол установлена диафрагма (5), способствующая вихреобразованию при движении водовоздушной смеси. Далее, на некотором расстоянии от диафрагмы (см. рис. 3) вмонтировано тело обтекания (6), которое крепится при помощи радиальных перегородок (7). На теле обтекания располагаются диски (8), обеспечивающие интенсивное перемешивание коагулянтов с водой и воздухом при движении воды сверху вниз.

Принцип работы смесителя следующий.

Исходная вода по тангенциально подключенному патрубку (3) под напором создаваемым насосами подаётся во входную камеру (2) смесителя, где приобретает вращательное движение. Диаметр подающего патрубка выбирается стандартным способом – исходя из величины расхода, с учетом рекомендуемой скорости движения, которая должна быть в пределах 1,5-2,5 м/с. Непрерывная подача одного или нескольких коагулянтов и воздуха обеспечивается патрубком (4). Водовоздушный поток в камере (2) совершает вращательно-поступательное движение, непрерывно увеличивая окружную скорость. После прохождения диафрагмы (5), скорость достигает своего максимума на расстоянии Δ , составляющем около 0,5-0,7 от диаметра диафрагмы. Далее закрученный поток продолжает свое движение в кольцевом пространстве, расположенном между стволом (1) и телом обтекания (6), встречая на своем пути местные сопротивления в виде радиальных перегородок (7), способствующих гашению скорости и интенсивному перемешиванию водовоздушной смеси. Чуть ниже на теле обтекания расположены диски в количестве 4-5 штук, которые также способствуют диссипации энергии и повышают эффективность смешения. Расстояние между соседними дисками должно быть равно диаметру тела обтекания, в некоторых случаях может быть уменьшено, но не более чем на 20 %.

Диаметр входной камеры (2) должен быть в 4-6 раз больше диаметра патрубка, подающего воду.

Если сопоставить диаметры входной камеры, ствола, тела обтекания и диафрагмы (см. рис. 3), то их величины можно выразить следующим соотношением (8-10) : (2,5-3) : (1,5-2) : 1. В свою очередь, длина радиальных перегородок, установленных на теле обтекания вдоль оси ствола должна быть в 3-5 раз больше диаметра тела обтекания.

Диаметр патрубка, используемого для подачи реагентов и воздуха во входную камеру должен быть равен 80% от диаметра диафрагмы. При этом данный патрубок должен быть погружен во входную камеру на глубину, составляющую половину её высоты или диаметра патрубка, подающего воду в смеситель.

Реагентная обработка воды в смесительном узле может быть обеспечена одним рабочим и одним резервным смесителями. Потери давления при работе одного смесителя составляют порядка 0,7-1,0 атм.

Литература

1. Гандурина Л.В., Рафф П.А., Гетманцев С.В. Коагуляционная очистка природных вод // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2019. №12. С. 32-44.
 2. Zhou Z., Hu D., Gu Y., Li H., Niu L., Li Z., Jiang L. Coagulation pretreatment and coagulant selection on thickening and dewatering sludge water // Chinese Journal of Environmental Engineering. 2014. Т. 8. № 11. С. 4575-4580.
 3. Драгинский В.А., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных и сточных вод. Москва, 2005. 576 с.
 4. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. Москва: Наука, 1977. 356 с.
 5. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. Киев, 1986. 352 с.
-



6. Reddy M. Chemical water treatment. Principles and practice // Journal of Hydrology. 1997. Т. 195. № 1-4. С. 385-386.

7. Сафронов М.А., Тимофеева О.А. Расчет дозы минерального коагулянта при очистке воды по способу концентрированного коагулирования // Инженерный вестник Дона, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6342.

8. Гришин Б.М., Бикунова М.В., Кошев А.Н., Шеин А.И. Эффективность коагуляционной обработки воды при безнапорном перемешивании пузырьками воздуха различной дисперсности // Региональная архитектура и строительство. 2020. №1. С. 162-168.

9. Сафронов М.А. Исследование технологии реагентной обработки поверхностных природных вод смешанным минеральным коагулянтом // Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5522.

10. Гришин Б.М., Гарькина И.А., Вилкова Н.Г., Бикунова М.В., Шеин А.И. Технологии реагентной обработки природных вод с применением вихревых смесительных устройств // Региональная архитектура и строительство. 2016. №4. С. 100-107.

References

1. Gandurina L.V., Raff P.A., Getmantsev S.V. Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodospabzheniye. 2019. №12. pp. 32-44.

2. Zhou Z., Hu D., Gu Y., Li H., Niu L., Li Z., Jiang L. Chinese Journal of Environmental Engineering. 2014. v. 8. № 11. pp. 4575-4580.

3. Draginskiy V.A., Alekseeva L.P., Getmantsev S.V. Koagulyatsiya v tekhnologii ochistki prirodnykh i stochnykh vod [Coagulation in natural and waste water treatment technology]. Moskva, 2005. 576 p.

4. Babenkov E.D. Ochistka vody koagulyantami [Water treatment with coagulants]. Moskva: Nauka, 1977. 356 p.



5. Kulskiy L.A., Stokach P.P. Tekhnologiya ochistki prirodnykh vod [Natural water treatment technology]. Kiyev, 1986. 352 p.
6. Reddy M. Journal of Hydrology. 1997. v. 195. № 1-4. pp. 385-386.
7. Safronov M.A., Timofeyeva O.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6342.
8. Grishin B.M., Bikunova M.V., Koshev A.N., Shein A.I. Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo. 2020. №1. pp. 162-168.
9. Safronov M.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5522.
10. Grishin B.M., Garkina I.A., Vilkova N.G., Bikunova M.V., Shein A.I. Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo. 2016. №4. pp. 100-107.