

УДК 628

Гироль А. Н., к.т.н., доцент кафедры водоотведения, теплогазоснабжения и вентиляции (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

КОНЦЕПЦИЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ВОДОПРОВОДНЫХ СИСТЕМАХ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФИЛЬТРОВ

Проведено сравнение различных схем локальной очистки воды установленных на системах централизованного водоснабжения.

Ключевые слова: водоснабжение, водоочистка, качество воды.

Главная задача водопроводных сетей – подача воды потребителям в необходимом количестве, под требуемым напором и соответствующего качества. Польские, украинские нормативы и нормативы Европейского Союза предъявляют строгие требования к качеству питьевой воды [1, 2].

Однако непостоянство качества воды в источнике, нарушение регламента эксплуатации сооружений очистки воды, изменения режима работы разводящей сети могут быть серьезной причиной нарушения упомянутых требований.

Существующие в большинстве населенных пунктов стран Центральной и Восточной Европы водопроводные сети были запроектированы на пропуск завышенных расходов воды. Однако в последние десятилетия под давлением реформ в экономике государств Центральной и Восточной Европы наблюдается сокращение норм водопотребления. При неизменных диаметрах труб и снижении расхода скорость воды в водопроводных сетях, рассчитанных на пропуск завышенных расходов, резко снижается, а время пребывания ее в сетях возрастает [4, 5, 9].

При снижении норм водопотребления в странах Центральной и Восточной Европы от 400-700 л/чел до уровня западноевропейских значений этого показателя (80-170 л/чел) продолжительность пребывания воды в сетях возрастает более чем в два раза [6]. Такое увеличение продолжительности пребывания воды в водопроводных сетях сопровождается заметным ухудшением ее качества. В трубах наблюдается отложение примесей, выносимых из станции очистки воды [3]. Наличие в распределительных сетях примесей, кислорода при относительно высокой температуре воды (8-18⁰С) способствует формированию бла-

гоприятной среды для развития бактерий, являющихся источником бактериального загрязнения питьевой воды.

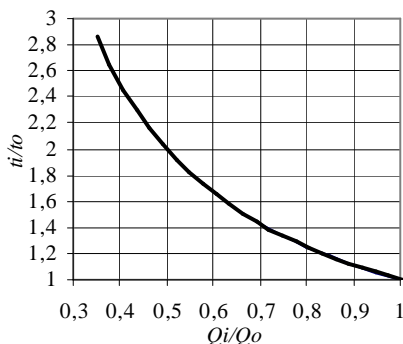


Рис. 1. Зависимость изменения величины (t_i/t_o) при изменении величины (Q_i/Q_o): t_i и t_o – продолжительность пребывания воды в водопроводной сети соответственно при современных и проектных нормах водопотребления; Q_i и Q_o – современных и проектных нормах водопотребления; t_i/t_o – кратность увеличения продолжительности пребывания воды в водопроводной сети Q_i/Q_o – кратность снижения производительности водопроводной сети

Появляются условия для изменения физико-химических и бактериальных свойств воды, наблюдается ее дестабилизация, что приводит к процессам коррозии труб. Материал труб с течением времени приходит в негодность, нарастают процессы притока и утечек. Нарушается гидравлический режим работы сети, появляются гидравлические удары, приводящие систему в негодность, что еще более усугубляет сложившуюся ситуацию. На свойства воды существенное влияние оказывает антропогенный фактор, под воздействием которого нарушаются показатели ее стабильности. Поэтому зачастую даже глубоко очищенная, но нестабильная природная вода, попадая в водопроводную сеть, приобретает вторичное загрязнение.

Описанные выше процессы характерны для водопроводных сетей Польши, Украины и других стран Центральной и Восточной Европы. В осадке, отложившемся в трубах, присутствуют примеси, обладающие пара-, диа- и ферромагнитными свойствами.

Все это указывает на необходимость поиска рациональных путей решения существующей проблемы.

Противодействия и методы предотвращения вторичного загрязнения воды (SWP). Основными направлениями восстановления рациональных условий работы сети могут быть:

- 1) реконструкція сети путем замены труб, перебуваючих в аварійному стані на труби відповідного сложившимся умовам діаметра, виконаним з високоякісного матеріала;
- 2) санация існуючих водопровідних мереж путем застосування технології внутрішньої цементации, нанесення захисних плівок, протаскування полімерних трубопроводов;
- 3) удосконалення технології кондиціонування вихідної води на централізованих станціях водопідготовки - підвищення ефективності вилучення існуючих в ній примісей, раціоналізація фізико-хімічних властивостей, застосування сучасних технологій фізико-хімічної, біологічної очищення і обеззаражування, виключення формування умов повторного забруднення;
- 4) постійна промивка водопровідних систем чистою водою;
- 5) застосування на водопровідних мережах, домох водопроводах, квартирних локальних систем очищення води.

Аналізуючи приведені вище напрямки удосконалення умов роботи водопровідної мережі, очевидно, що перші три напрямки, хоча і приводять до суттєвого ефекту, потребують значительних засобів для їх реалізації.

Найбільш популярним методом стабілізації якості води в водопровідній мережі є періодична її промивка. Однак це рішення не може бути достатньо ефективним, особливо якщо взяти до уваги, що цей процес не управляється, супроводжується значительними витратами високоякісної води на власні потреби системи, передбачає періодичне припинення подачі води споживачам, порушує гідролічний режим роботи системи, характеризується складністю визначення початку його проведення [5,7].

Концепція проміжних станцій обробки води (WTS) розміщених безпосередньо на розподільчій мережі

Во многих випадках найбільш доступним є п'яте напрямки – застосування локальних систем очищення води. Квартирна установка засобів очищення води приносить ряд незручностей споживачам і безсумнівно з точки зору необхідності постійного контролю її працездатності і забезпечуваною їй якістю води. Представляється більш раціональною установка засобів локальної очищення на домох водопроводах і вузлових точках магістралей мережі.

Це рішення має ряд позитивних сторін порівняно з традиційним методом ополаскування – неперервність процесу видалення забруднень, зниження споживання води на власні потреби, можливість застосування проміжного обеззаражування води, більш низькі витрати на його реалізацію.

Отрицательным показателем представленного решения являются дополнительные потери напора на установках очистки воды (WTS), что сопровождается ростом себестоимости ее транспортировки. Такое увеличение себестоимости зависит от удельного показателя стоимости электроэнергии в единице объема воды, поднятой на единицу высоты и может достигать 0,8-0,01%. Поэтому окончательный выбор направления решения описываемой проблемы должен базироваться на глубоком технико-экономическом анализе рассматриваемых вариантов.

Основными требованиями к средствам локальной очистки воды, установленным на внешних сетях водоснабжения являются:

- высокая производительность и низкие потери напора в них;
- требуемая эффективность очистки;
- стабильность в работе;
- низкая себестоимость и трудоемкость в обслуживании;
- малые значения расхода воды на собственные нужды и пр.

С целью минимизации влияния WTS на себестоимость подачи воды следует разрабатывать технические решения очистки воды, характеризующиеся минимальными значениями потерь напора в них.

Этим требованиям может соответствовать разработанная нами технология, базирующаяся на процессах локализации ферромагнитных примесей в магнитном поле с последующим фильтрованием частично осветленной воды через плавающую зернистую загрузку.

Электромагнитные сепараторы

Магнитные сепараторы могут выполняться в виде корпуса, внутри оборудованного магнитной насадкой из ферромагнитного материала. С внешней стороны корпуса расположены электромагниты сердечник которых соединен с магнитопроводом выполненным в виде пластины, позволяющей обеспечить выравнивание магнитного поля. Выполнение магнитной насадки в виде решетки позволяет создать в точках пересечений ее стержней величину магнитного силового фактора, достигающего $10^{10} \text{ A}^2/\text{м}^3$. При работе магнитного сепаратора в режиме очистки исходная вода, содержащая ферромагнитные примеси проходит через отверстия магнитной решетки. Ферромагнитные примеси локализуются в углах ячеек решетки. Свободная от магнитных примесей вода отводится за пределы сепаратора. Однако по мере заиливания решетки магнитного сепаратора возникает потребность в периодической его регенерации.

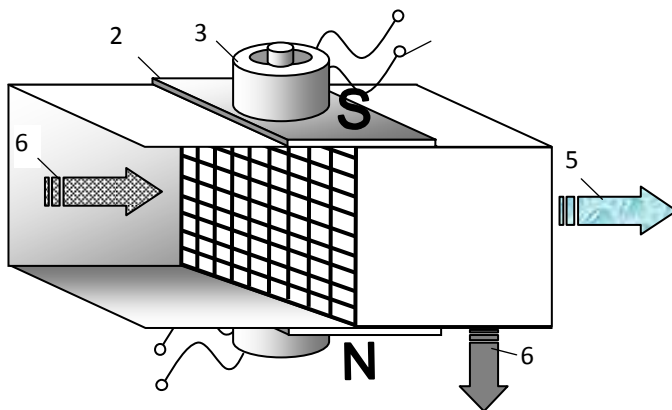


Рис. 2. Схема магнитного сепаратора решетчатой структуры:
1 – поступление исходной воды; 2 – магнитопровод; 3 – электромагнит;
4 – клеммы подключения электромагнита; 5 – отвод очищенной воды;
6 – отвод промывочной воды

Регенерация решетки сепаратора протекает при неизменном направлении движения потока исходной воды, однако, при отключенных электромагнитах. Отвод очищенной воды прекращается. Загрязненная вода отводится через боковой отвод, который при работе сепаратора в таком режиме находится в открытом состоянии. Продолжительность промывки обычно не превышает 30 секунд. По окончании промывки сепаратор вводят в режим очистки – прекращают отвод промывочной воды, включают электромагниты, и открывают задвижку на трубопроводе отвода чистой воды.

Глубина очистки воды по ферромагнитным примесям на аппаратах такой конструкции достигает 97-99,8%

Особенностью такого сепаратора является низкие значения гидравлических потерь напора в нем, величина которых обычно не превышает 0,1 м, что во много раз ниже потерь напора наблюдаемого в традиционных технических решениях.

Процесс управления технологическими режимами работы сепаратора легко поддается оборудованию средствами автоматики.

Такие технические решения целесообразно применять в случаях наличия в исходной воде значительного количества ферромагнитных примесей. Весьма эффективным является работа такого технического решения и при обработке воды коагулянтами, позволяющими создать ферромагнитные агрегаты, в состав которых входят пара-, диа-, ферромагнитные примеси.

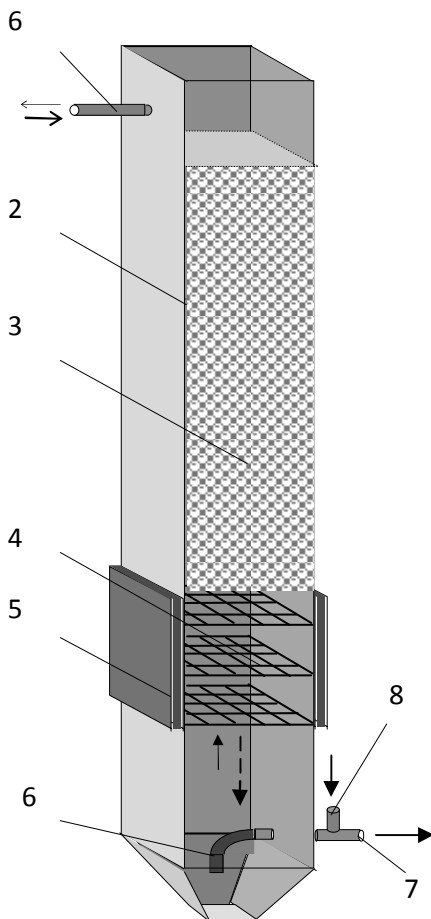


Рис. 3. Схема комбинированной установки очистки воды:
1 – трубопровод отвода очищенной воды; 2 – корпус; 3 – плавающий фильтрующий слой; 4 – магнитный сепаратор; 5 – электромагниты;
6 – трубопровод отвода промывной воды; 7 – трубопровод отвода промывной воды; 8 – трубопровод подачи исходной воды

При применении такой технологии магнитной очистки глубина извлечения из обрабатываемой воды примесей, которые обладают не только магнитными свойствами, достигает 98%. Кроме того, при очистке воды в мощных магнитных полях, кроме извлечения примесей, дости-

гается бактерицидный эффект, который по данным различных исследователей может быть до 99%.

Комбинированные установки

При наличии в исходной воде значительного количества диа- и парамагнитных примесей вместо описанной конструкции целесообразно применять разработанную нами комбинированную установку, включающую магнитный сепаратор и фильтр с плавающей загрузкой. Над верхней кромкой магнитной решетки сепаратора расположен предложенный нами фильтр с плавающей загрузкой [9-11].

Такая установка в режиме фильтрования работает следующим образом: исходная вода по трубопроводу 8 поступает в нижнюю часть корпуса установки. Поднимаясь вверх, вода проходит через магнитный сепаратор, в котором освобождается от ферромагнитных примесей. Частично осветленная вода поступает в плавающий фильтрующий слой 3, где освобождается от пара- и диамагнитных примесей. Очищенная вода по трубопроводу 1 отводится в водопроводную сеть.

По мере заиливания фильтрующего слоя или магнитного сепаратора установку выводят в режим промывки.

Промывка установки протекает при прекращении подачи исходной воды по трубопроводу 8 и включении в работу трубопровода 7 отвода промывной воды. Чистая вода из водопроводной сети по трубопроводу 1 поступает в верхнюю часть установки. Интенсивное обратное движение потока воды приводит в расширенное состояние фильтрующий слой 3. Нижняя граница его перемещается в зону магнитного сепаратора 4. Задержанные в зернистом слое загрязнения вместе с загрязнениями, смытыми с поверхности магнитной решетки, отводятся вместе с потоком промывной воды по трубопроводу 7 за пределы корпуса установки.

Благодаря расположению решетки магнитного сепаратора в зоне нижней границы расширенного слоя эффективность удаления задержанных в сепараторе загрязнений значительно возрастает. Появляется возможность проводить промывку фильтрующего слоя без отключения электромагнитов или же изготавливать установку с использованием постоянных магнитов.

Эффективность извлечения примесей в установках такого типа достигает 90-98%.

Сравнение традиционных и новых технических решений

При решении сложившейся проблемы водоснабжения микрорайона г. Люблина, суть которой состоит в необходимости улучшения качества питьевой воды для микрорайона с 15 тыс. населения нами рассмотрено ряд альтернативных решений.

Ухудшение параметров качества воды в системе водоснабжения особенно проявляется на территории жилых массивов, в которых проживают приблизительно 1300 чел [3]. Трубы водопроводной сети стальные с цинковым покрытием. Система упомянутого микрорайона эксплуатируется около 10 лет. Среднесуточное водопотребление массива составляет $Q_{\text{сред.сут}} = 96,3 \text{ м}^3/\text{сут}$, а максимальное суточное – $Q_{\text{макс.сут}} = 125,1 \text{ м}^3/\text{сут}$, при значениях часовых расходов соответственно – $Q_{\text{сред.час}} = 5,22 \text{ м}^3/\text{час}$, $Q_{\text{макс.час}} = 9,0 \text{ м}^3/\text{час}$.

Неудовлетворительное качество воды в водопроводной сети обусловило многочисленные обращения к местной муниципальной власти с жалобами на арендаторов. Жалобы были подтверждены местной санитарно - эпидемиологической станцией. Специальные анализы обнаружили следующую осредненные показатели качества питьевой воды: pH – 7,4, твердость воды $3,93 \text{ mval/dm}^3$, Fe – $1,62 \text{ мг/дм}^3$ (допустимый предел $0,3 \text{ мг/дм}^3$), Mn – $0,24 \text{ мг/дм}^3$ (допустимый предел $0,1 \text{ мг/дм}^3$). Максимальные значения показателей качества воды иногда достигали Fe – $21,2 \text{ мг/дм}^3$, Mn – $0,32 \text{ мг/дм}^3$. Существенное ухудшение воды происходит главным образом в утренние часы [3].

Авторами статьи предлагается решение представленной проблемы – применение промежуточной станции обработки воды в локальной системе водоснабжения (рис. 1). основное назначение станции улучшения качества воды – обезжелезивание и удаление марганца из муниципальной водопроводной системы. Альтернативная ситуация, когда каждый дом или каждый пользователь устанавливает индивидуальные фильтры.

Схема водоснабжения с традиционными техническими решениями обработки воды

Традиционная станция обработки воды для описанных выше условий, включает скорый кварцевый фильтр. Основные технологические и конструктивные параметры фильтра: диаметр фильтра – 1,4 м, продолжительность фильтроцикла – 1 неделя, необходимое давление – 0,03 МПа.

Установка традиционного скорого фильтра как главного элемента промежуточной станции очистки воды сопровождается усложнением схемы водоснабжения. Появляется необходимость в устройстве насосной станции, резервуаров чистой воды, водонапорной емкости и пр. Все это отрицательно сказывается на стоимости системы и надежности ее работы, себестоимости продукции, усложняются условия эксплуатации.

Схема водоснабжения с предлагаемыми техническими решениями обработки воды

Предлагаемая схема водоснабжения включает в качестве промежуточной станции очистки воды электромагнитный сепаратор и фильтр с плавающей загрузкой расположенные в корпусе водонапорно-регулирующей емкости. Установка оборудована системой гидроавтоматики, позволяющей при изменении гидравлических параметров фильтрационного потока обеспечивать переключение технологических режимов работы установки [10, 11].

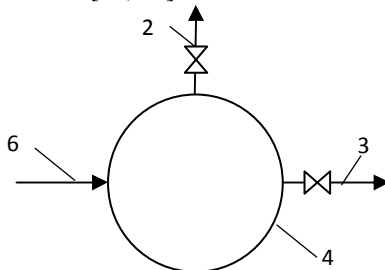


Рис. 4. Технологическая схема водоснабжения микрорайона включающая промежуточную станцию обработки воды выполненную в виде напорно-регулирующей установки оборудованной магнитными сепараторами и фильтрами с плавающей загрузкой:

1 – трубопровод исходной воды; 2 – трубопровод отвода промывной воды; 3 – трубопровод чистой воды; 4 – водонапорно-очистная установка

Преимущества предлагаемого технического устройства очевидны, так как нет необходимости в устройстве целого ряда крупных и дорогих сооружений, отпадает нужды в энергоемких аппаратах, упрощается технологическая схема, что положительно может сказаться та технико-экономических показателях системы в целом.

1. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 04.09.200 r (Dz.U. nr 82, poz. 937, z dnia 04.10.2000), w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze. 2. Instruction of European Union Council no 98/83/EEC, from 3rd November 1998, about quality of water assigned to people demands // Official Journal of the European Communities" No L. 330. 5.12.98. – P. 32-54. 3. Bonetyński K., Kowalski D., Stelmach K.: (1999) Skutki stosowania normy 0,5 mgFe/dm³ w wodzie uzdatnionej na przykładzie wybranego wodociągu komunalnego // Ochrona Środowiska. – 4/1999. 4. Kulbik M. Ochrona jakości wody w sieci wodociągowej przez wymuszenie ukierunkowanego przepływu / M. Kulbik // Gaz Woda i Technika Sanitarna. – 10/1998. 5. Kropla // Informator Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Lublinie. – 1/99. 6. Neyman-Olańczuk K. Jakość wody w sieci wodociągowej Gdańska // Neyman-Olańczuk K.,

Mikołajski S., Wargin A. // Historia i rozwój wodociągów i kanalizacji miasta Gdańska. – Gdańsk, listopad 1997. **7.** Bobruk P. Badanie możliwości ochrony jakości wody w układzie osiedlowej sieci wodociągowej / Bobruk P., Bonetyński K., Kowalski D. // I Kongres Inżynierii Środowiska, materiały, Monografie Komitetu Środowiska PAN. – 2002, vol.11. – S. 381-389. **8.** Patent P – 359629. Sieć wodociągowa / Kowalski D., Kowalska B., dnia 25. 08. 2008. **9.** Ги́роль Н. Н. К рационализации технико-экономических параметров систем водопроводно-канализационного хозяйства / Н. Н. Ги́роль, Г. М. Семчук // Гидромелиорация и гидротехническое строительство : сборник научных трудов. – 2002. – Выпуск 27. – С. 199-207. **10.** Журба М. Г. Водоочистные фильтры с плавающей загрузкой : научное издание / М. Г. Журба. – М., 2011. – 536 с. **11.** Патенты на изобретения Б.И.№ 39, 23.10.89, № 1516583, Б.И.№ 18, 15.05.92, № 1733046, Б.И.№ 26, 15.07.91, № 1662691.

Рецензент: д.т.н., професор Ги́роль М. М. (НУВГП)

Ги́роль А. М., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

КОНЦЕПЦІЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ У ВОДОПРОВІДНИХ СИСТЕМАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ФІЛЬТРІВ

**Проведене порівняння різних схем локальної очистки води, які встановлені на системах централізованого водопостачання.
Ключові слова: водопостачання, водо очистка, якість води.**

Girol A. M., Candidate of Engineering, Associate Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

THE CONCEPT OF THE WATER QUALITY IMPROVEMENT IN THE WATER SUPPLY SYSTEM USING ELECTROMAGNETIC FILTERS

**The comparison of various schemes of local water treatment systems installed on centralized water supply are shown.
Keywords: water supply, water treatment, water quality.**