

---

УДК 628.168

В.М. КОЛОС, Е.Ю. СОЛОВЬЕВА, студенты (БНТУ)  
Научный руководитель В.В. КРАВЧЕНКО, к.э.н., доцент (БНТУ)  
г. Минск

### **ИННОВАЦИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ**

Современные технологии в различных отраслях постоянно развиваются путем внедрения креативных инноваций. Не исключением является и энергетическая область – инновации в энергетике стимулируют развитие бизнеса, автомобильной, нефтегазовой и прочих индустрий, а также существенно повышают качество жизни населения. Инновации, или нововведения, представляют собой опробование и использование технологических или иных новинок, направленных на качественное развитие процессов жизнедеятельности, промышленности и т.д. [1].

Рассмотрим инновацию, представленную на Мозырской ТЭЦ – установка ультрафильтрации (УУФ). Она введена в эксплуатацию с 2018 года, и пока является единственной в Республике Беларусь.

Ультрафильтрация воды – это способ очистки, при котором вода под давлением продавливается сквозь капиллярную мембрану с величиной пор 0,01-0,1 мкм. Ультрафильтрация позволяет очистить водные растворы от высокомолекулярных соединений, коллоидных частиц, бактерий и вирусов, для которых мембрана непроницаема.

На Мозырской ТЭЦ используются ультрафильтрационные мембраны вертикального исполнения фирмы INGE Multibore MB 0.9 с многоканальными волокнами (Multibore MB 0.9 fiber), которые имеют размер пор 0,02 мкм. Для многоканальных волокон (Multibore) возможность их повреждения исключается, так как каждое волокно диаметром 4,0 мм состоит из 7 капилляров с внутренним диаметром 0,9 мм, что существенно увеличивает механическую прочность и гарантирует целостность мембраны [2].

Мембраны гидрофильные, с отрицательным поверхностным зарядом, изготовлены из модифицированного полиэфирсульфона (PES modified), материала стойкого к высоким концентрациям хлора (до 250000 мг/л×ч), изменениям величины pH в диапазоне от 1 до 13 и температуры от 0 °С до 40 °С [2]. Благодаря этому эффективно проводится очистка мембран от неорганических и органических веществ.

Установка ультрафильтрации является узлом предварительной очистки воды с предварительной коагуляцией перед установкой предвключенных карбоксильных Н-катионитовых фильтров.

Номинальная производительность установки ультрафильтрации составляет 480 м<sup>3</sup>/ч. При работе установки ультрафильтрации с предварительной коагуляцией в работе одновременно может находиться пять модулей (номинальной производительностью одного модуля 100 м<sup>3</sup>/ч) [2].

Установка ультрафильтрации состоит из следующих основных систем:

- шести модулей ультрафильтрации;
- системы подачи предварительно осветленной на самопромывных дисковых фильтрах «ARKAL Galaxy 4” Spin Klin» воды на УУФ;
- системы дозирования коагулянта в исходную воду;
- системы дозирования концентрированной серной кислоты в исходную воду для коррекции pH;
- системы обратной промывки;
- системы дозирования гипохлорита натрия при обратной усиленной химической промывке;
- системы дозирования щелочи при обратной усиленной химической промывке;
- системы дозирования концентрированной соляной кислоты при обратной усиленной химической промывке;
- установки химической мойки (CIP).

Порядок работы модуля ультрафильтрации состоит из проведения последовательно следующих основных операций:

- работа модуля (фильтрация);
- обратная физическая промывка (BW);
- обратная усиленная химическая промывка (CEB);
- прямая промывка;
- химическая мойка (CIP).

Исходной для ХВО обычно является вода реки Припять, подогретая (при необходимости) на ПСВ до 20-25 °С и прошедшая очистку от механических примесей на самопромывных дисковых фильтрах «ARKAL Galaxy 4” Spin Klin» номинальной производительностью 2×250 м<sup>3</sup>/ч с рейтингом фильтрации 200 мкм [2].

Подогретая до 20-25 °С предварительно осветленная вода поступает на установку ультрафильтрации. Перед установкой ультрафильтрации в предварительно осветленную воду вводится раствор коагулянта. При необходимости коррекции pH в предварительно осветленную воду перед установкой ультрафильтрации может быть введена концентрированная серная кислота. Осветленная вода собирается в баке фильтрованной воды Т-05/1 (Т-05/2) полезным объемом 220 м<sup>3</sup>, откуда насосами подачи фильтрованной воды на установку предвключенных фильтров Р0710 (Р0720) подается на

предвключенные Н-катионитовые фильтры, загруженные карбоксильным катионитом.

### **Фильтрация Spin Klin**

В процессе фильтрации подогретая исходная вода поступает через входные клапаны и входной коллектор на блок четырехдюймовых фильтров. Проходя через дисковый элемент Spin Klin с рейтингом фильтрации 200 мкм, исходная вода начинает двигаться по сильно закрученной спирали. Центробежные силы при этом отбрасывают загрязнения на стенки корпуса фильтра, разгружая фильтрующий элемент. Вращательное движение воды перед фильтрацией заставляет механические частицы (в том числе песок) находиться во взвешенном состоянии вдоль стенок фильтра, разгружая фильтрующие диски. Эти загрязнения затем постепенно опускаются к основанию фильтра и смываются в дренаж. Вода, очищенная от большинства частиц, проходит единственным возможным путем, между сжатых дисков снаружи внутрь. Желобки, нанесенные на поверхность дисков, задерживают оставшиеся в воде примеси. Очищенная вода затем поднимается вверх, собирается в выходном коллекторе системы и поступает на выход.

Максимально допустимая температура для установки ультрафильтрации составляет 35 °С [2].

### **Фильтрация**

На Мозырской ТЭЦ применяется тупиковый режим фильтрации на модуле ультрафильтрации (DEAD END). Тупиковый режим фильтрации заключается в пропуске 100% обрабатываемой воды через мембрану.

Исходная (подогретая, предварительно осветленная на самопромывных фильтрах «ARKAL Galaxy 4” Spin Klin») вода под давлением пропускается через мембрану. При работе модуля ультрафильтрации происходит увеличение перепада давления за счет удаления на мембране механических примесей, в том числе и образовавшихся при коагуляции воды, бактерий, вирусов, высокомолекулярных соединений из исходной воды.

Конструкция мембранного элемента позволяет изменять подачу воды на фильтрующий элемент по двум направлениям: «вверх» и «вниз».

На Мозырской ТЭЦ принята поочередная направление подачи воды на модуль ультрафильтрации. «Нулевой» цикл фильтрация производится «снизу-вверх», следующий цикл, «первый» фильтрация производится «сверху вниз» и так далее.

Принципиальная схема фильтрования снизу-вверх приведена на рис. 1.а [2].

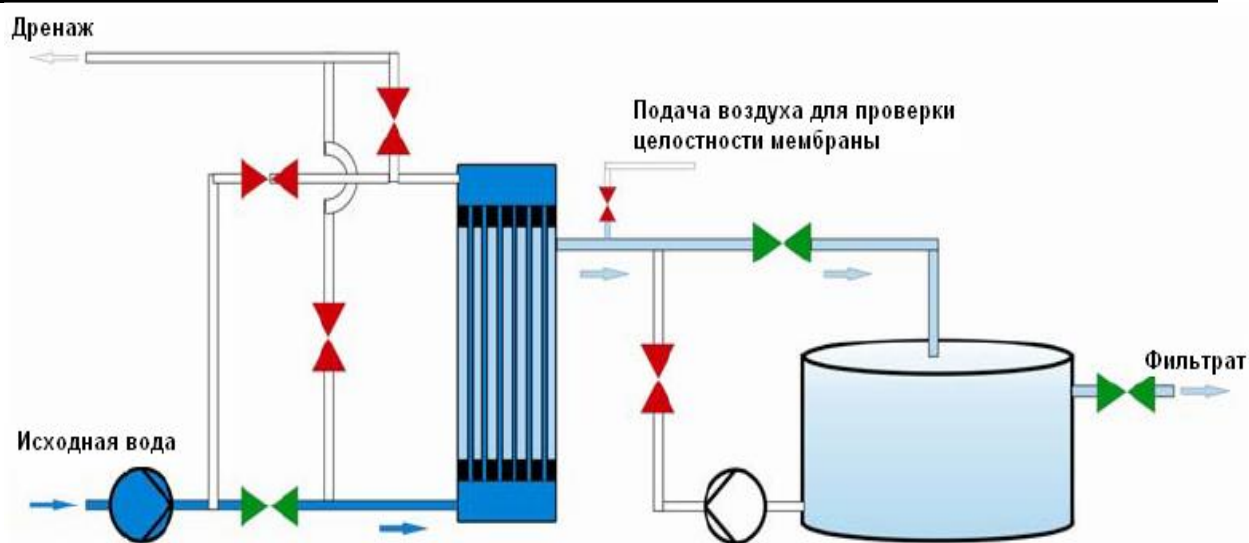


Рис. 1.а Принципиальная схема фильтрования снизу-вверх

Принципиальная схема фильтрования сверху-вниз приведена на рис. 1.6 [2].

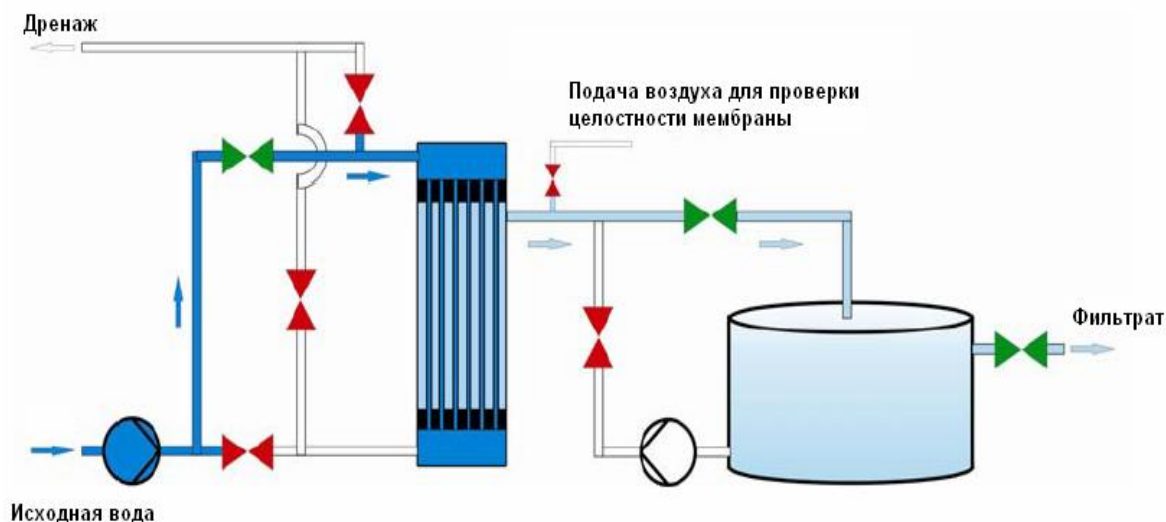


Рис. 1.6 Принципиальная схема фильтрования сверху-вниз

Установка ультрафильтрации дала такие преимущества, как качественная очистка под давлением до 6 атм, наименьшие затраты реагентов, дезинфекция воды до 99,9%, гарантированное удаление взвешенных частиц, упрощённая автоматизация, фильтрация воды от органики, устранение железа и марганца, повышенная степень очистки до 0,01 микрон, сохранение природного солевого состава жидкости и осветление жидкости [3].

---

Таким образом активное внедрение в энергетику инноваций и другие отрасли непосредственно влияет на успешное и полноценное развитие условия существования, повышение качества жизни и возможность экономии на ежедневных потребностях. Именно по этим причинам специалисты всего мира каждый день изучают новые разработки и пробуют их в практических условиях, чтобы найти действительно полезные инновации.

Список литературы:

1. Ультрафильтрация. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <https://www.kaufmanntec.ru/images/ultraf.pdf>. – Дата доступа – 13.10.2020.
2. Д.К. Пронько, Е.Д. Римашевская. Инструкция по обслуживанию установки ультрафильтрации Мозырской ТЭЦ от 06.03.2018 г. – С. 8-10, 13-14.
3. Руководство по эксплуатации ультрафильтрационных модулей // ООО «Фазеркрафт», 115230 Москва, Варшавское ш., 46 [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <https://faserkraft.ru/wp-content/uploads/2020/05/Rukovodstvo-po-ekspluatacii.pdf>. – Дата доступа – 13.10.2020.

Информация об авторах:

Колос Вера Михайловна, студент гр.10604217, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, д. 65, [verakolos23@gmail.com](mailto:verakolos23@gmail.com)

Соловьева Екатерина Юрьевна, студент гр.10604217, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, д. 65, [katya10120@gmail.com](mailto:katya10120@gmail.com)

Кравченко Владимир Владимирович, к.э.н., доцент, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, д. 65, [vladmir70@rambler.ru](mailto:vladmir70@rambler.ru)