

2. Маслов П. Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. М. : Высшая школа, 1982. 511 с.
3. Нерпин С. В., Чудновский А. Ф. Физика почвы. М. : Наука, 1967. 584 с.
4. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Энергосберегающие технологии портовых сооружений на основе применения геотермальных тепловых насосов // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. Астрахань. 2017. № 1. С. 116–124.
5. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Исследование естественного изменения температурного поля при многолетней эксплуатации теплового насоса // Вестник ТГТУ. Томск. 2016. № 4 (57). С. 117–125.
6. Сапрыкина Н. Ю. Исследование формирования температурного поля грунта при эксплуатации геотермальных тепловых насосов при условии влияния грунтовых вод // Вестник СГАСУ. Самара, 2016. № 3 (24). С. 25–30.
7. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Исследование формирования температурного поля грунта при эксплуатации геотермальных тепловых насосов в условиях влияния грунтовых вод // Вестник ВГТУ. Воронеж, 2017. № 2 (46). С. 27–37.

УДК 628.16

## **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ ТЭЦ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОИСТОЧНИКОВ**

*А. Э. Усынина*

*Астраханский государственный  
архитектурно-строительный университет (Россия)*

Основным источником водоснабжения предприятий теплоэнергетической отрасли являются поверхностные водотоки. В условиях их антропогенного загрязнения нарушается водно-химический режим станций и в целом дальнейшая работа технологических и энергетических установок. Предлагается в технологических схемах предварительной очистки воды применять мембранные технологии с усовершенствованным способом подачи воды.

**Ключевые слова:** мембрана, импульсная фильтрация, водоподготовка, теплоэнергетика.

The main source of water supply of the enterprises of heat power branch are superficial waterways. In the conditions of their anthropogenic pollution the water and chemical mode of stations and in general further operation of technological and power stations is broken. It is offered to apply in technological schemes of preliminary water purification membrane technologies with improved way of water supply.

**Keywords:** membrane, pulse filtration, water treatment, power system.

Срок службы оборудования теплоэлектростанций значительно превысил нормативные сроки, в связи с эксплуатацией его без капитального ремонта более 25 лет. Оборудование муниципальных и ведомственных источников тепла физически изношено и морально устарело, большая часть

котельных подлежит выводу из эксплуатации. В связи с этим, выявлена необходимость в повышении надежности работы всех систем теплоснабжения.

Надежность работы теплоэнергетических предприятий в целом и во многом зависит от качественной работы отдельных агрегатов. Качество исходной воды является основным критерием, определяющим надежность их работы.

Основной источник водоснабжения предприятий теплоэнергетической отрасли - поверхностный водоток, зачастую содержащий загрязнения различной природы, начиная от механических частиц, солей тяжелых металлов (железо, марганец и т. п.), заканчивая органическими молекулами разных размеров (гуматы, ПАВы и т. д.), бактериями и вирусами, а в некоторых случаях и радионуклидами.

Одной из причин экологического кризиса водотоков в 90-х гг. являлась допустимость сброса в них сточных вод. Таким образом, водоемы выступали как система биологической доочистки стоков.

Динамика сброса загрязненных стоков в поверхностные водотоки в Астраханской области с 2000 по 2008 г. представлена на рис. 1.

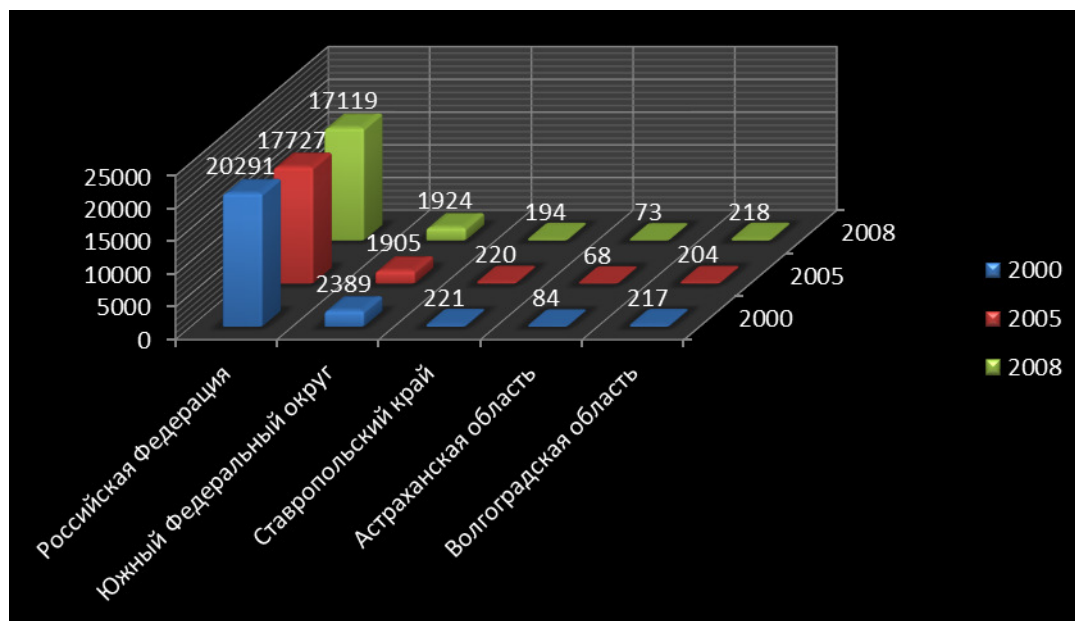


Рис. 1. Сброс загрязненных стоков в поверхностные водные объекты в Астраханской области и соседних регионах (млн м<sup>3</sup>)

Объем сброса нормативно очищенных сточных вод к 2013 г. увеличился в среднем по регионам и составил от 1,49 до 7,2 %, что обусловлено перегруженностью, ухудшением технического состояния, низкой эффективностью работы очистных сооружений или их отсутствием.

В настоящее время водные объекты, подверженные антропогенному и техногенному загрязнению десятками токсичных веществ, поступающих в них со сточными водами, оказывают отрицательное влияние на работу

технологических и энергетических установок и водно-химический режим станций.

Произвести оценку влияния водного химического режима на тепло-энергетические системы достаточно сложно. Подтверждением чему следует выход типовой инструкции по технической эксплуатации тепловых сетей (ТС) систем коммунального теплоснабжения.

В представленном нормативном документе к системам коммунального теплоснабжения предъявляются высокие требования [1, 2], несмотря на отличие установок коммунальных систем теплоснабжения, а также условий их эксплуатации от сложившихся в региональных энергосистемах.

Современные требования к качественным показателям сетевой воды заметно ужесточились, а также заметно выросли формальные требования к технической эксплуатации коммунальных тепловых сетей, по сравнению с прежде действующими по содержаниям: растворенного кислорода ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в 2 раза: 20 вместо 30–50; свободной угольной кислоты – до полного отсутствия; количеству взвешенных веществ ( $\text{мкг/дм}^3$ ), а также значению рН – не ниже 8,3.

Выполнение перечисленных требований является исключительно сложной технологической и экономической задачей, тем более в условиях эксплуатации коммунальных тепловых сетей.

К примеру, при подготовке исходной воды для систем теплоснабжения с водородным показателем ниже 7 требуется ее подщелачивание с целью выполнения требований, предписанных выше [3], при котором свободная углекислота в воде отсутствует полностью [4].

Отсюда следует, что выполнение требований [2] в коммунальных теплосетях приводит к резкому увеличению стоимости подпиточной воды, не смотря на используемое топливо, качество циркуляционной схемы работы котлового оборудования и его типа.

Более 50 лет назад требования к водному химическому режиму котлового оборудования промышленно-отопительных котельных определялись конструкцией котлов, режимами их работы, типом тепловых сетей и т. д. [4].

Основными методами предварительной очистки поверхностных вод в цехах химической водоочистки на теплоэлектростанциях являются в основном известкование с коагуляцией в осветлителях с взвешенным слоем осадка и осветлительное фильтрование. В котельных небольшой производительности данная технология мало эффективна. Типовая схема предочистки поверхностной воды для небольших котельных включает дозирование гипохлорита натрия, коагулянта и осветлительное фильтрование в режиме контактной коагуляции. В случаях низкой температуры поверхностных вод в холодные периоды года, производят дозирование еще и флокулянта для исключения проскока коагулянта в фильтрат.

Современным подходом к решению проблемы повышения качества теплоносителя на теплоэнергетических установках является применение в цехах водоподготовки технологий обработки воды с совместным или комбинированным использованием мембранных технологий в сочетании с традиционными методами очистки, что в условиях стремительно ухудшающегося состояния поверхностных водоисточников является одним из наиболее перспективных направлений развития водоподготовки в теплоэнергетике.

Значение мембранной технологии в последние годы резко возросло, прежде всего, как технологии, способной осуществить связь между промышленностью и экологией [5].

Однако, не достаточная предочистка воды от механических примесей, осложняет процесс молекулярного разделения.

Качество исходной и обработанной воды, производительность установки и технико-экономические показатели обуславливают принятую схему очистки воды с применением мембранных технологий.

Основными из показателей эффективности процесса разделения являются задерживающая способность, удельная производительность и селективность, химическая стойкость в разных растворах при различных значениях pH.

Помимо порометрических характеристик и физико-химических свойств фильтрующего материала мембраны на достижение эффекта мембранного разделения влияют однократное использование фильтрующего элемента с большой грязеемкостью, регенерация мембраны обратным током очищенной воды, предотвращение загрязнения пор мембраны путем создания специального гидродинамического режима, как методы организации продолжительной работы фильтров.

Предлагается для достижения высокой производительности на единицу объема оборудования применение большого количества полых волокон в качестве фильтрующего мембранного элемента в небольшом объеме.

Изложенный выше технический эффект реализуется за счет переменного давления, созданного поршневым или плунжерным насосом, с помощью автоматической регулировки работы электродвигателя насоса инвертором (рис. 2).

Способ подачи воды в мембранный аппарат заключается в следующем: исходная вода по трубопроводу 18 из бака исходной воды 1 поршневым насосом 9 перекачивается в систему мембранных фильтров 15, где разделяется на два потока: фильтрат и концентрат. Фильтрат по трубопроводу 20 поступает в аккумулирующую емкость очищенной воды 16, по трубопроводу 23 концентрат возвращается в бак с исходной водой 1. При вращении вала 4 электродвигателя 3 происходит вращение маховика 5, на котором располагаются кривошипный палец 6, соединенный с шатунным механизмом 7, вызывая поступательное движение штока 8 с поршнем 10

насоса 9, что приводит к всасыванию при закрытом нагнетательном и открытом всасывающем клапанах 21 во время движения поршня влево (исходное положение) и порционному (импульсному) нагнетанию исходной воды при избыточном давлении. Частота и скорость вращения вала 4 регулируется работой частотного преобразователя 2, позволяя создавать переменное давление в мембранных аппаратах. В процессе нагнетания воды в систему, происходит увеличение давления, которое постепенно снижается в процессе фильтрования через мембранные аппараты до предельного значения. Процесс циклический. Из бака очищенной воды 16 насосом 17 подается вода на промывку мембранных фильтров 15 по трубопроводу 22. Отработанные промывные воды по трубопроводу 19 сбрасываются в канализацию. Технологический процесс автоматизирован датчиками расхода 12 и давления 14.

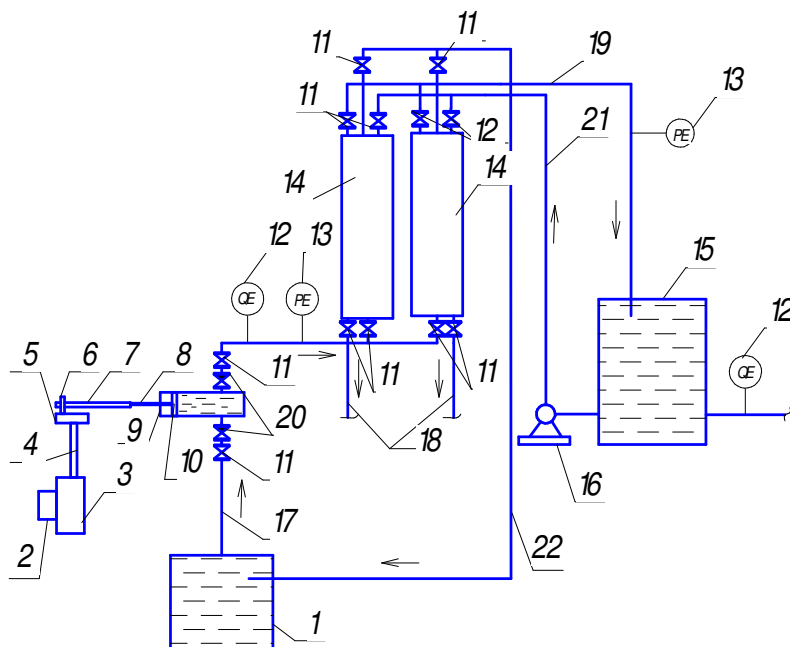


Рис. 2. Способ подачи воды в мембранный аппарат:

- 1 – бак исходной воды; 2- частотный преобразователь; 3 – электродвигатель; 4 – вал; 5 – маховик; 6 – кривошипный палец; 7 – шатунный механизм; 8 – шток; 9 – поршневой насос; 10 – поршень; 11 – вентили; 12 – датчик расхода; 13 – датчик давления; 14 – система мембранных фильтров; 15 – аккумулирующая емкость очищенной воды; 16 – промывной насос; 17 – трубопровод исходной воды; 18 – трубопровод отработанных промывных вод; 19 – трубопровод отвода фильтрата; 20 – клапана; 21 – промывной трубопровод; 22 – трубопровод отвода концентрата от фильтров

Увеличение производительности мембранного аппарата осуществляется за счет импульсного поступления воды, способного снизить концентрационную поляризацию или гелеобразование на поверхности фильтрующих элементов.

### Список литературы

1. РД 34.20.501-95. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. 15-е изд. СПб. : ДЕАН, 2002. 352 с.
2. Типовая инструкция по технической эксплуатации систем транспорта и распределения тепловой энергии (тепловых сетей). М. : СПООРГРЭС, 1999.
3. МДК 4-02.2001. Типовая инструкция по технической эксплуатации тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения. М. : ГУП ЦПП, 2002. 86 с.
4. Белан Ф. И., Сутоцкий Г. П. Водоподготовка промышленных котельных, М. : Энергия, 1969.
5. Рябчиков Б. Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. М. : ДеЛи принт, 2004. 328 с.

УДК 621.18

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОДА ВОДОТРУБНЫХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ В ВОДОГРЕЙНЫЙ РЕЖИМ

*Р. В. Муканов, В. Г. Худавердян, В. А. Рассошинский,  
О. Р. Муканова, В. С. Филатова  
Астраханский государственный  
архитектурно-строительный университет (Россия)*

Статья посвящена оценке возможности для перевода в водогрейный режим, существующих паровых котельных. Проведен анализ оборудования котельных расположенных в Астраханской области, и возможность перевода отдельных паровых котлов в водогрейный режим.

*Ключевые слова:* На–катионирование, котельная установка, паровой котел, режимная карта котла, водогрейный режим.

The article is devoted to the assessment of the possibility for transferring to the water-heating mode, the existing steam boiler-houses. The analysis of the equipment of the boiler houses located in the Astrakhan region, and the possibility of transferring individual steam boilers to the water-heating mode is carried out.

*Keywords:* Na-cationing, boiler plant, steam boiler, regime card of the boiler, water-heating mode.

Сокращение в 90-х гг. прошлого столетия мощностей ряда предприятий в сельской местности Астраханской области (рыбной, сельскохозяйственной, строительной и т.д.) привело к резкому снижению в потребности водяного пара, вырабатываемого местными котельными, а то и отказа от него. Котельные используются не в качестве производственно-отопительных, а как отопительные, вырабатывая через бойлерную для теплоснабжения только горячую воду. Так как каждый поселковый совет испытывает значительные финансовые затруднения в покупке нового котельного оборудования, администрация и руководители котельных часто идут на упрощение технологии эксплуатации имеющегося в наличии парового котельного оборудования и перевода его в водогрейный режим. Ре-