

# ОСОБЕННОСТИ

## АВТОМАТИЗАЦИИ УСТАНОВОК

# ОЧИСТКИ ВОДЫ

## ДЛЯ УЧЕБНЫХ И НАУЧНЫХ ЦЕЛЕЙ

**Описаны принципы функционирования одной из установок для очистки воды в составе комплекса, созданного для Владимирского государственного университета**

### Введение

**В**настоящий момент в системе образования имеется ряд проблем, которые требуют принятия мер к их решению. Одной из таких насущных проблем является недостаток практических навыков у молодых специалистов. Это вызвано, прежде всего, недостаточным объёмом лабораторной практики во время обучения, что обусловлено плохим состоянием или полным отсутствием лабораторного оборудования. В этой связи на кафедре экологии Владимирского государственного университета был создан научно-исследовательский комплекс, позволяющий проводить изыскания в области современных технологий водоподготовки и очистки сточных вод. В стенах комплекса работают бакалавры, магистры и аспиранты, обучающиеся по направлениям 022000 «Экология и природопользование», 280700 «Техносферная безопасность», 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств», 220400 «Управление в технических системах», 270112 «Водоснабжение и водоотведение».

### Результаты и их обсуждения

**Н**аучно-исследовательский комплекс состоит из:

- ♦ лаборатории, в которой смонтированы модули для проведения экспериментальных исследований;
- ♦ лаборатории для приготовления исходных растворов и анализа конечных продуктов;

- ♦ операторской комнаты, где установлено компьютерное оборудование для контроля процессов очистки и цифровой обработки результатов работы;
- ♦ учебного класса;
- ♦ служебных помещений.

Каждый из модулей, предназначенных для экспериментальных исследований, представляет собой законченную установку для очистки воды в соответствии с определённой технологией. Установки частично или полностью автоматизированы, каждая оснащена шкафом управления. На шкафах управления установлены панели оператора, обеспечивающие управление и контроль над процессом очистки. Шкафы управления объединены локальной сетью с терминалом – компьютером с установленной на нём SCADA-системой, который расположен в комнате оператора. Это позволяет контролировать процесс очистки из операторской, в реальном времени обрабатывать результаты эксперимента и корректировать режимы работы установок, а также сохранять параметры проведённых экспериментов в архив, в том числе идентификационные данные экспериментатора. Такая система значительно упрощает процесс проведения лабораторных работ студентов, поскольку большинство параметров эксперимента сохраняются в цифровом виде. Это облегчает их обработку, которая может производиться студентами во время проведения работ. Данный момент крайне важен для экономии времени, отведённого на практические занятия. Кроме того, руководитель может наблюдать одновременно за всеми запущенными установками и оперативно вмешиваться в работу студентов. Такая система автоматизированного

### Е.В. Ковалева\*,

аспирант,  
ФГБОУ ВПО  
Владимирский  
государственный  
университет  
им. Александра  
Григорьевича  
и Николая  
Григорьевича  
Столетовых;  
инженер-  
проектировщик,  
ООО Альтаир

### Т.А. Трифонова,

доктор биологических  
наук, профессор, зав.  
кафедрой экологии,  
ФГБОУ ВПО  
Владимирский  
государственный  
университет  
им. Александра  
Григорьевича  
и Николая  
Григорьевича  
Столетовых

\* Адрес для корреспонденции: [mailkve@mail.ru](mailto:mailkve@mail.ru)

накопления экспериментальных данных, несомненно, полезна и для аспирантов, занимающихся экспериментальной частью диссертационной работы. Кроме этого, модули позволяют подбирать методику, разрабатывать технологию очистки стоков промышленных предприятий, если в качестве исходного раствора использовать пробы стоков. Этот момент является одним из тех немногих, что сближает современное образование и науку с промышленностью, что крайне важно для обеих сторон, способствует повышению эффективности производства и даёт новые темы для научных исследований. Одной из задач образования является подготовка кадров для промышленных предприятий. К сожалению, часто вчерашним выпускникам приходится многому доучиваться уже на производстве (в том числе и теоретическим положениям). Более тесное сотрудничество образовательных учреждений и работодателей во многом решает эту проблему. Итак, комплекс включает в себя шесть модулей:

- ◆ адсорбции и ионного обмена;
- ◆ электрохимических методов очистки;
- ◆ выпаривания и кристаллизации;
- ◆ механической обработки;
- ◆ ультрафильтрации;
- ◆ обратного осмоса.

Модули могут использоваться как самостоятельно, так и в сочетаниях. Например, в качестве этапа предочистки раствор можно пропустить через установку механической фильтрации, для выделения чистой воды полученный фильтрат подвергнуть обработке на обратном осмосе, а осмотический концентрат кристаллизовать на модуле выпаривания и кристаллизации, получив тем самым только твёрдые отходы.

С помощью модулей можно моделировать промышленные линии очистки воды, для чего служат полностью автоматизированные части установок; модули дают возможность импровизации с режимами, для чего используются частично автоматизированные части установок.

Для конкретизации этого положения рассмотрим один из модулей.

К числу наиболее часто используемых методов очистки воды в промышленности относится обратный осмос. Технологии этого процесса практически не описываются в современной литературе, поэтому модуль обратного осмоса наиболее привлекателен для получения полезных навыков. Структурная схема установки обратного осмоса приведена на *рис. 1*, внешний вид – на *рис. 2*.

Установка условно разделена на две самостоятельные части – узел, работающий в авто-

#### Ключевые слова:

экология,  
обучение,  
очистка воды,  
обратный осмос,  
автоматизация

матическом режиме, и узел, работающий в ручном режиме, что позволяет наиболее полно изучить процесс очистки.

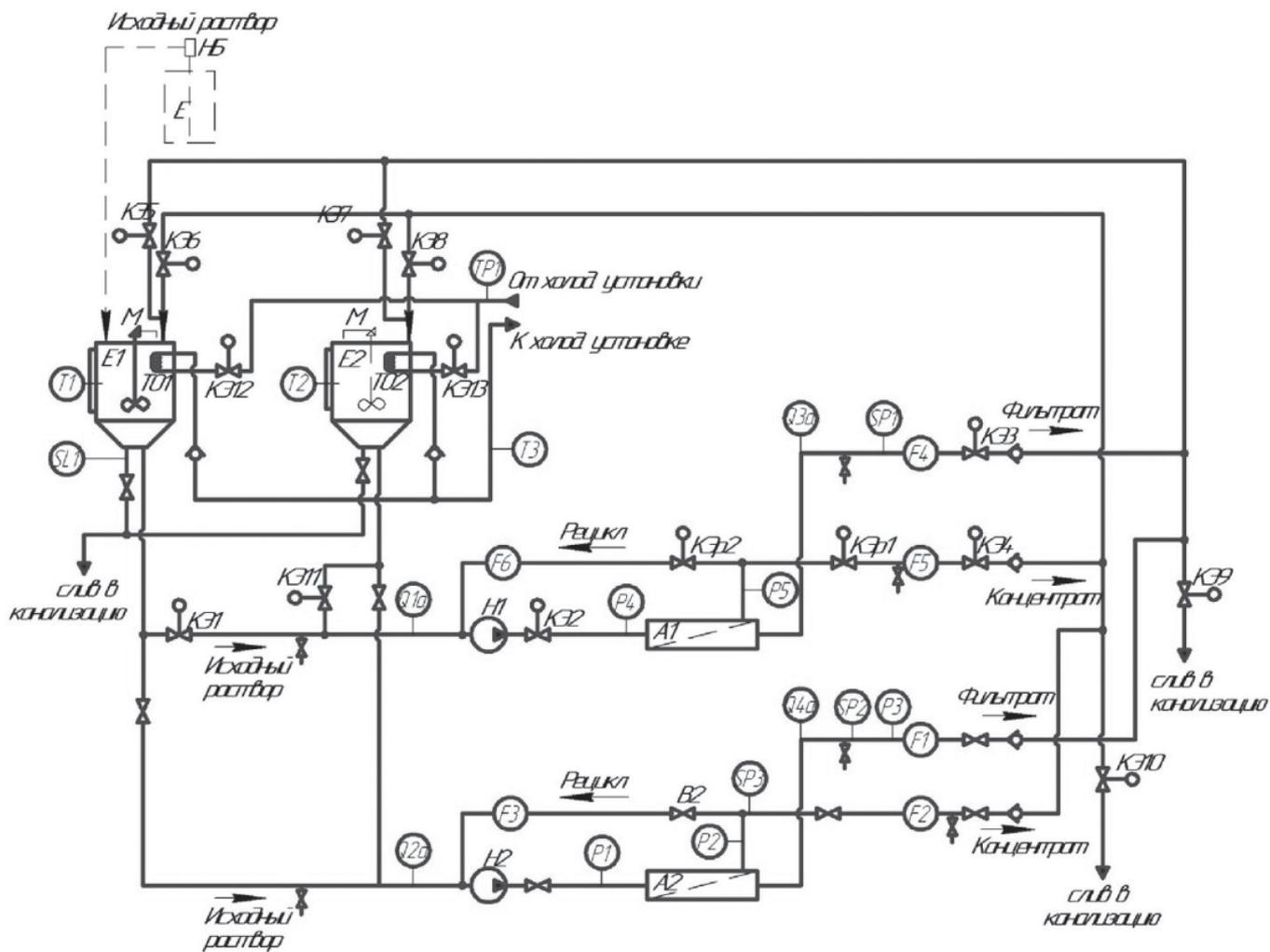
Во время очистки вода проходит по контуру  $E1 \rightarrow A1$  (или  $A2$ )  $\rightarrow E1$ ,  $E2$ , дренаж. Таким образом, если целью очистки является получение чистой воды, то оператор накапливает фильтрат в ёмкости  $E2$ , а концентрат возвращает в  $E1$  или сливает в дренаж. Если цель очистки – концентрирование раствора, то фильтрат сбрасывается в дренаж, а концентрат накапливается в ёмкости  $E1$ . Если оператор задался целью подобрать режим работы установки обратного осмоса для непрерывной или периодической очистки воды на промышленном предприятии и для этого использует пробы, отобранные на этом предприятии, то рациональнее возвращать и фильтрат и концентрат в исходную ёмкость  $E1$ . Это позволяет тщательно подобрать значения потоков и давлений в системе и тем самым достичь требуемой производительности установки и качества получаемой воды. На части модуля, работающей в ручном режиме, оператор контролирует параметры процесса на панели оператора:

- ◆ температура в ёмкостях  $E1$  и  $E2$  по показаниям датчиков  $T1$  и  $T2$ ;
- ◆ электропроводность исходного раствора и фильтрата по показаниям датчиков  $Q2a$  и  $Q4a$ ;
- ◆ визуально: давление на входе в мембрану ( $P1$ ), давление концентрата ( $P2$ ), давление фильтрата ( $P3$ ); расход фильтрата ( $F1$ ), расход концентрата ( $F2$ ), расход на рециркуляцию ( $F3$ ).

На части стенда, работающей в автоматизированном режиме, контролируются следующие параметры процесса:

- ◆ температура в ёмкостях  $E1$  и  $E2$  по показаниям датчиков  $T1$  и  $T2$ ;
- ◆ электропроводность исходной воды ( $Q1a$ ), электропроводность фильтрата ( $Q3a$ );
- ◆ давление на входе в мембрану ( $P4$ ), давление фильтрата ( $P5$ ), давление концентрата ( $P6$ );
- ◆ расход исходной воды ( $F4$ ), расход концентрата ( $F5$ ), расход на рециркуляцию ( $F6$ ).

Управление процессом мембранного разделения на части стенда, работающей в автоматизированном режиме, осуществляется по следующим алгоритмам: разделение при регулировании давления на входе мембранного элемента и разделение при регулировании потока концентрата. Для первого режима задаются значения давления на входе мембранного элемента и потока рециркуляции, для второго – потоков концентрата и рециркуляции. В каждом режиме пере-



↑ **Рис. 1.** Схема технологическая установки очистки воды с помощью обратного осмоса, где

- A1, A2 – аппараты мембранные;
- H1, H2 – насосы центробежные;
- H6 – насос бочковой;
- E, E1, E2 – ёмкости;
- F1, F2 – ротаметры;
- F3, ..., F6 – расходомеры;
- SP1, SP2 – реле давления;
- SP3 – манометр электроконтактный;
- P1, P2, P3 – манометры;
- P4, P5 – датчики давления;
- TP1 – термоманометр;
- T1, T2 – датчики температуры;
- T3 – термометр;
- SL1 – датчик уровня;
- КЭр1, КЭр2 – клапаны регулируемые;
- КЭ1, ..., КЭ13 – клапаны электромагнитные;
- Q1a, ..., Q4a – датчики электропроводности;
- ТО1, ТО2 – теплообменники;



↑ **Рис. 2.** Установка очистки воды с помощью обратного осмоса.

сленные параметры поддерживаются на заданном уровне. Задание параметров можно менять, не останавливая процесс очистки, что даёт возможность оценивать зависимость селективности мембраны (по отношению электропроводности фильтрата к электропроводности исходной жидкости) от давления на входе мембраны, потока концентрата, а также потока рециркуляции.

Варьируя концентрацию загрязняющих веществ в исходном растворе (это делать нетрудно, поскольку в состав комплекса входит аналитическая лаборатория) и изменяя значение потока исходной жидкости, можно с достаточной точностью моделировать процессы очистки, проводимые на промышленных предприятиях. Основным режимом работы промышленной установки является автоматический, т.е. такой, при котором вмешательство оператора в процесс минимально; именно такой процесс можно отлаживать на части модуля, работающего в автоматическом режиме (определиться с необходимостью предподготовки, подобрать рабочее давление, периодичность мойки и т.д.).

Комплекс является неотъемлемой составляющей процесса обучения студентов и

объектом научных разработок аспирантов нескольких факультетов Владимирского государственного университета.

## Заключение

Описанный комплекс уже сейчас интенсивно используется несколькими кафедрами университета, но на этом его потенциал не исчерпан. На базе комплекса планируется создать пилотные мобильные установки, с помощью которых можно было бы производить пробные сессии очистки воды на территории промышленных предприятий. Это чрезвычайно актуально, поскольку система, работающая on-line, реагирует на параметры исходной воды – поток, давление, характеристики качества, их абсолютное значение и скорость изменения. Подобный эксперимент невозможно провести в лабораторных условиях. Часто установки, спроектированные исключительно на основе лабораторных тестов, не могут устойчиво работать в реальных условиях на предприятии.



E.V. Kovaleva, T.A. Trifonova

## PECULIARITIES OF AUTOMATION OF WATER PURIFICATION EQUIPMENT FOR EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC PURPOSES

The present article is concerned with research and development complex constructed for Vladimir State University in particular one of water purification equipment. Operation principles of the equipment and peculiarities of automation are viewed.

**Key words:** ecology, education, water treatment, inverse osmosis, automation