

## ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ

В.А. Немтинов<sup>1</sup>, А.В. Салушева<sup>1</sup>, А.А. Бубнов<sup>2</sup>

*Кафедра «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», ГОУ ВПО «ТГТУ» (1); кафедра «Вычислительная и прикладная математика», ГОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет» (2), г. Рязань; nemtinov@mail.gaps.tstu.ru*

*Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** водоподготовка; имитационное моделирование; обучающие виртуальные тренажеры; предварительная обработка воды; среда программирования LabVIEW 7.0.

**Аннотация:** Рассмотрены методы и инструментальные средства, используемые при разработке комплекса виртуальных тренажеров для операторов системы подготовки воды, на примере тренажера для операторов систем предварительной обработки воды.

---

Для достижения современного уровня качества воды, в связи с повсеместным загрязнением источников водоснабжения (как поверхностных, так и подземных), остро встает проблема очистки воды. Основным источником загрязнений экологической системы являются неочищенные или плохо очищенные сточные воды [1]. Как правило, вода, предоставляемая для использования, не может быть применена для технических целей или бытового использования без специальной обработки. Требуемое качество воды может быть достигнуто при применении различных технологических схем подготовки и очистки воды [1].

В свою очередь, не меньшую значимость приобретает ускоренная и эффективная подготовка квалифицированных кадров для управления системами подготовки и очистки воды. Такое положение вещей делает актуальной задачу разработки комплекса виртуальных тренажеров и систем для обучения операторов навыкам управления технологическими процессами различных стадий водоподготовки и очистки сточных вод.

### **Методы и алгоритмы разработки виртуальных тренажеров системы подготовки воды**

Разработка виртуальных моделей деятельности оператора осуществляется на основе методов экспериментального, математического и имитационного моделирования [2].

Математическое моделирование применяется для формализованного описания и построения математических моделей деятельности оператора.

Особенно широкое применение в последнее время приобретает сочетание естественного эксперимента с математическими моделями деятельности оператора.

Однако перечисленные выше методы моделирования операторской деятельности не могут быть использованы для изучения и анализа деятельности оператора. Тогда полезные результаты дает применение статистического моделирования (имитационного моделирования). Метод основан на имитации воздействия случайных факторов на деятельность оператора и функционирование системы «человек–машина» (СЧМ) непосредственно в ходе моделирования.

Обзор методов моделирования деятельности системы человек–оператор показал, что при разработке виртуальных тренажеров для обучения и тренинга операторов систем подготовки и очистки воды, наиболее целесообразным является применение методов имитационного моделирования.

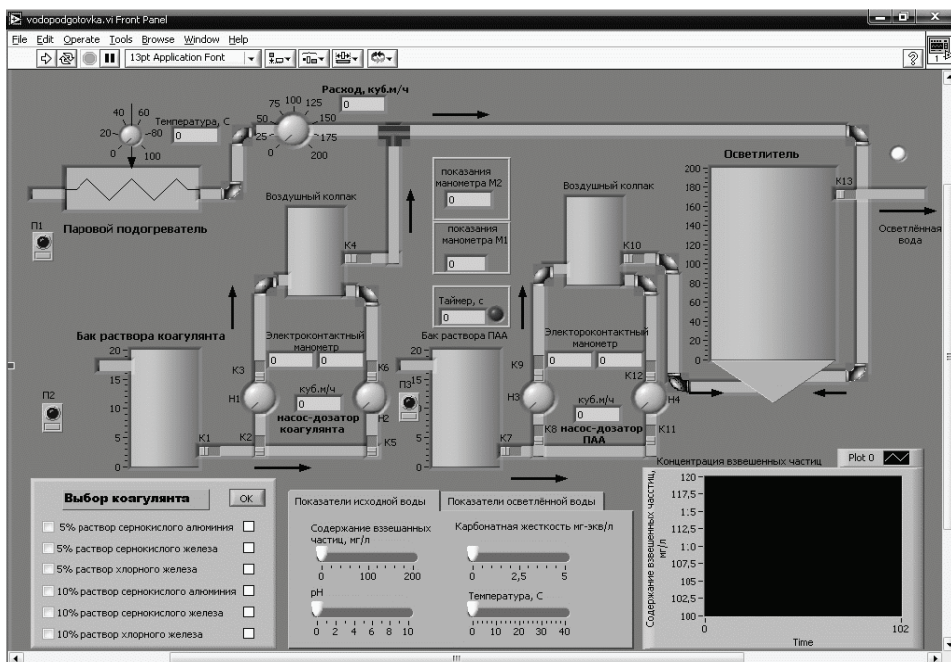
Алгоритм проектирования виртуального тренажерного комплекса включает следующие процессы: разработка структуры виртуального тренажерного комплекса; анализ нормативной документации, разработка передней панели тренажера, разработка математической модели деятельности оператора, разработка основных модулей тренажерного комплекса.

Для реализации тренажеров выбрана среда программирования LabVIEW 7.0. LabVIEW – это среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования G фирмы National Instruments. Ее применение обусловлено возможностью почти полной имитации реальной панели пульта управления оператора, комфортностью среды разработки и совместимостью с современными языками программирования, доступностью.

В соответствии с методологическими основами разработки виртуальных моделей технических систем [2, 3] разработан комплекс виртуальных тренажеров по отработке действий оператора, который рассмотрим на примере последовательного выполнения стадий предварительной обработки воды (предочистки) по схеме коагуляции в осветлителе с дозировкой полиакриламида (ПАА) (рисунок).

Разработанные тренажеры являются статическими, то есть в них отсутствуют физико-математические модели процессов, происходящих в оборудовании, но демонстрируется определенный порядок действий операторов. Так же в них представлены основные аппараты, приборы и органы управления.

Основной задачей рассматриваемого тренажера является имитация процесса управления и взаимодействия между стадиями, на примере предварительной обработки воды по схеме «Коагуляция в осветлителе с дозировкой ПАА». К функциям данного комплекса виртуальных тренажеров можно отнести:



**Передняя панель тренажера оператора системы предварительной обработки воды**

- отработку действий операторов в различных условиях функционирования технологического оборудования;
- обучение операторов последовательности действий для достижения заданного уровня обрабатываемой воды;
- приобретение операторами представлений о механизме работы водоподготовительного оборудования;
- отслеживание значений температуры, рН и других характеристик, позволяющих оператору убедиться в режиме нормального протекания процесса водоподготовки.

К возможностям вышеупомянутых виртуальных тренажеров можно отнести следующие возможности:

- возможность проработать различные варианты прохождения исследуемой воды по имеющимся стадиям водоподготовки;
- на примере предварительной обработки воды, выбора одного из возможных предлагаемых растворов коагулянтов различного процентного содержания при данных конкретных условиях;
- ручного и автоматического управления;
- моделирования и отработки аварийных ситуаций и др.

Рассмотрим подробнее функциональные возможности панелей тренажера.

### **Тренажер оператора системы предварительной обработки воды**

После запуска тренажера предварительной обработки воды на экране появляется его передняя панель (см. рисунок). Передняя панель тренажера состоит из двух областей: «Рабочее место оператора» и «Вспомогательная панель».

В области «Рабочее место оператора» представлены основные аппараты (баки с раствором коагулянта и ПАА, осветлитель и т.д.) и приборы, регистрирующие исследуемые параметры технологического процесса предварительной обработки воды. Наряду с этим на панели тренажера размещены трубопроводы с клапанами; насосы; задвижки открытия/закрытия клапанов; индикаторы для отображения: температуры, расхода обрабатываемой воды, расхода коагулянта и ПАА, давления в воздушных колпаках и трубопроводах, а также таймер, сигнализирующий о начале подачи реагентов.

Вспомогательная панель состоит из трех областей: панелей «Выбор коагулянта», «Показатели исходной и осветленной воды» и диаграммы, иллюстрирующей содержание взвешенных частиц во времени.

При управлении процессом предварительной обработки воды необходимо руководствоваться регламентом и использовать кнопки и средства управления, расположенные в области «Рабочее место оператора» и «Вспомогательная панель».

Комплекс виртуальных тренажеров также включает: описание технологических процессов; руководство пользователя; контрольные тесты для самостоятельной предварительной проверки знаний обслуживающего персонала; мультимедийные ролики, демонстрирующие в динамике процесс работы операторов, сопровождаемые звуковыми и текстовыми комментариями. Следует отметить, что данные ролики показывают только основные принципы управления системами обработки и очистки воды. Виртуальные тренажеры используются в учебном процессе при подготовке специалистов-инженеров технического профиля.

### **Заключение**

Реализуя методологические основы разработки виртуальных моделей технических систем, был создан комплекс виртуальных тренажеров, продемонстрированный на примере системы подготовки воды, который способствует формированию у операторов практических навыков и умений принятия и выполнения решений по управлению технологическими процессами стадий водоподготовки, а также позволяет свести к минимуму ошибки операторов при управлении реальными объектами.

*Работа выполнена в рамках государственного контракта № 14.740.11.0961 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы».*

#### *Список литературы*

1. Технология автоматизированного синтеза системы оборотного водоснабжения химического предприятия / В.А. Немтинов [и др.] // Вест. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 6–16.

2. Методы и алгоритмы создания виртуальных моделей химико-технологических систем : монография / В.А. Немтинов [и др.]. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. ун-та им. Г.Р. Державина, 2011. – 282 с.

3. Визуализация информационного пространства при управлении коммунальными системами / В.А. Немтинов [и др.] // Вест. комп. и информ. технологий. – 2010. – № 3. – С. 14–19.

---

## **Virtual Simulation of Water Treatment Facilities**

V.A. Nemtinov<sup>1</sup>, A.V. Salushcheva<sup>1</sup>, A.A. Bubnov<sup>2</sup>

*Department “Computer-Aided Design of Technological Equipment”, TSTU (1);*

*Department “Computational and Applied Mathematics”, Ryazan State Radio-Technical University (2), Ryazan; nemtinov@mail.gaps.tstu.ru*

**Key words and phrases:** programming environment LabVIEW 7.0; pretreatment of water; simulation; virtual training simulators; water treatment.

**Abstract:** The paper studies the methods and tools for the development of a set of virtual simulators for training operators of water pretreatment on the example of a simulator for operators of water pretreatment systems.

---

## **Virtuale Modellierung der Objekten des Systems der Wasservorbereitung**

**Zusammenfassung:** Es sind die Methoden und die Instrumentalmittel, die bei der Erarbeitung des Komplexes der virtualen Trainers für die Operatoren des Systems der Wasservorbereitung benutzt werden, am Beispiel des Trainers für die Operatoren der Systeme der Vorwasserbearbeitung, betrachtet.

---

## **Modélage virtuel des objets du système de la préparation de l'eau**

**Résumé:** Sont examinés les méthodes et les moyens instrumentaux utilisés lors de l'élaboration du complexe des home-trainers virtuels pour les opérateurs du système de la préparation de l'eau à l'exemple du home-trainer pour les opérateurs des systèmes de la préparation préalable de l'eau.

---

**Авторы:** *Немтинов Владимир Алексеевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизированное проектирование технологического оборудования»; *Салущева Анна Владимировна* – магистрант, ГОУ ВПО «ТГТУ»; *Бубнов Алексей Алексеевич* – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Вычислительная и прикладная математика», ГОУ ВПО «РГРТУ», г. Рязань.

**Рецензент:** *Подольский Владимир Ефимович* – доктор технических наук, профессор, проректор по информатизации, ГОУ ВПО «ТГТУ».