

УДК 66.081.6
DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-1-302-305

ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНОПРОИЗВОДСТВ

© А.М. Акулиничев, О.А. Абоносимов, Д.С. Лазарев, С.И. Лазарев

Проведены экспериментальные исследования, целью которых являлось изучение основных кинетических закономерностей обратного осмоса промышленных сточных вод гальванопроизводств и разработка на их основе виртуального тренажера.

Ключевые слова: виртуальные тренажеры; обратный осмос; мембрана; среда моделирования LabVIEW; сточные воды.

ВВЕДЕНИЕ

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 вышеперечисленные методы моделирования операторской деятельности не могут быть использованы для изучения и анализа деятельности оператора.

Обзор методов моделирования деятельности системы «человек–оператор» показал, что при разработке виртуальных тренажеров для обучения и тренинга операторов систем очистки воды наиболее целесообразным является применение методов имитационного моделирования. Метод основан на имитации воздействия случайных факторов на деятельность оператора и функционирование системы «человек–машина» (СЧМ) непосредственно в ходе моделирования.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В качестве объектов исследований были использованы промышленные сточные воды, содержащие соли тяжелых металлов, и обратноосмотические мембраны МГА-95 и МГА-100.

Эффективность работоспособности мембран рассматривали по значениям коэффициента задержания и удельной производительности в зависимости от изменения давления над мембраной по формулам:

$$K = 1 - \frac{C_n}{C_{исх}}, \quad (1)$$

$$G = \frac{V_n}{F \cdot \tau}, \quad (2)$$

где C_n , $C_{исх}$ – концентрация пермеата и исходного раствора, соответственно, кг/м³; V_n – объем пермеата, м³; F – площадь мембраны, м²; τ – время, с.

При проведении экспериментальных исследований использовалась лабораторная обратноосмотическая установка плоскокамерного типа [1]. На рис. 1–2 представлены 3D модель лабораторной установки и ее рабочая часть – обратноосмотическая ячейка.

Ячейка состояла из опорной пластины со штуцерами для подвода исходного раствора и отвода ретентрата, двух фланцев-пластин с штуцерами для отвода пермеата. Мембрана накладывалась на ватман, вырезанный по размеру мембраны, а ватман накладывался на пористую подложку из нержавеющей стали. Нержавеющая подложка далее укладывалась на фланец-пластину. С другой стороны пластины собиралась точно такая же конструкция, и затем фланцы пластины стягивались болтами. Таким образом, ячейка имела две камеры с единым подводом раствора. Поэтому одновременно можно было проводить исследования с двумя типами мембран в ячейке.

Разделительная ячейка работала в проточном режиме, а в целом установка в режиме с замкнутой циркуляцией раствора.

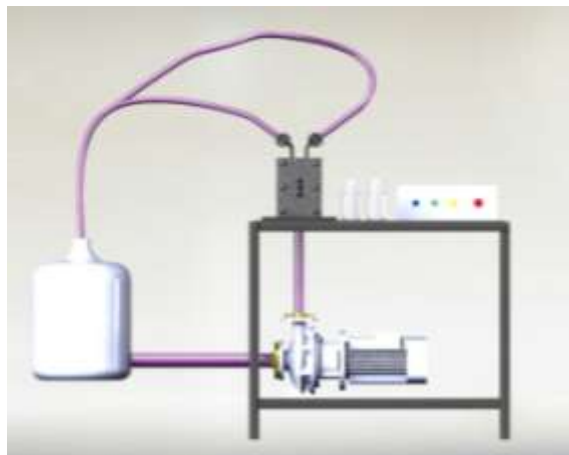


Рис. 1. Лабораторная установка плоскокамерного типа

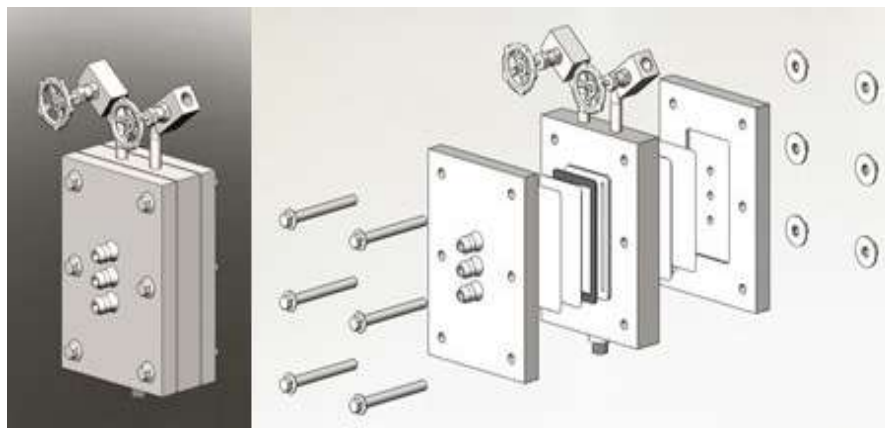


Рис. 2. 3D модель обратноосмотической ячейки

Установка работала следующим образом. Раствор из исходной емкости подавался насосом высокого давления в гидроаккумулятор, который предварительно с помощью компрессора заполнялся воздухом до давления, примерно 30 % от рабочего давления в установке. Это осуществлялось с целью сглаживания пульсаций давления в системе. Далее раствор из гидроаккумулятора под давлением подавался в разделительную ячейку. Рабочее давление в ячейке регулировалось вентилями, расположенными на выходе ячейки. По показаниям ротаметра устанавливался одинаковый расход в обеих камерах ячейки. Пройдя мембрану и подложку, пермеат собирался в емкости, а концентрат возвращался в исходную емкость.

Параметры установки следующие: площадь мембраны – 78 см²; диапазон рабочего давления – 0–5,0 МПа; скорость движения раствора над поверхностью мембраны – 0–0,5 м/с.

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

Для реализации тренажеров выбрана среда программирования LabVIEW7.0. Ее применение обусловлено возможностью почти полной имитации реальной панели управления оператора, комфортностью среды разработки и совместимостью с современными языками программирования.

В соответствии с методологическими основами разработки виртуальных моделей технических систем [2–3] разработан комплекс виртуальных тренажеров по отработке действий оператора, который рассмотрен на примере последовательного выполнения стадий эксперимента по очистке промышленных сточных вод на обратноосмотической установке.

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

Основной задачей рассматриваемого тренажера является имитация процесса управления и взаимодействия между стадиями.

К функциям данного комплекса виртуальных тренажеров можно отнести:

- 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 обратноосмотической установки;
- отслеживание значений давления, прошедшего времени и других характеристик, позволяющих оператору убедиться в режиме нормального протекания процесса очистки;
- моделирование и отработку аварийных ситуаций и др.

После запуска тренажера на экране появляется его передняя панель. Передняя панель тренажера состоит из двух областей: «Рабочее место оператора» (рис. 3) и «Вспомогательная панель» (рис. 4).

В области «Рабочее место оператора» представлено основное оборудование установки (емкость исходного раствора, приемные емкости, плунжерный насос и т. д.) и приборы, регистрирующие исследуемые параметры технологического процесса. Наряду с этим на панели тренажера размещены трубопроводы, задвижки открытия/закрытия клапанов; индикаторы для отображения: работы оборудования, объема обрабатываемого раствора, давления в системе, а также таймер, сигнализирующий о начале эксперимента.

При управлении процессом очистки сточных вод необходимо руководствоваться регламентом и использовать кнопки и средства управления, расположенные в области «Рабочее место оператора» и «Вспомогательная панель».

Вспомогательная панель состоит из двух областей: панелей «Показатели исходного и очищенного раствора» и диаграмм, иллюстрирующих зависимости коэффициента задержания и удельной производительности от давления над мембраной.

Комплекс виртуальных тренажеров также включает: руководство пользователя; мультимедийные ролики, демонстрирующие в динамике процесс работы операторов, сопровождаемые звуковыми и текстовыми комментариями.

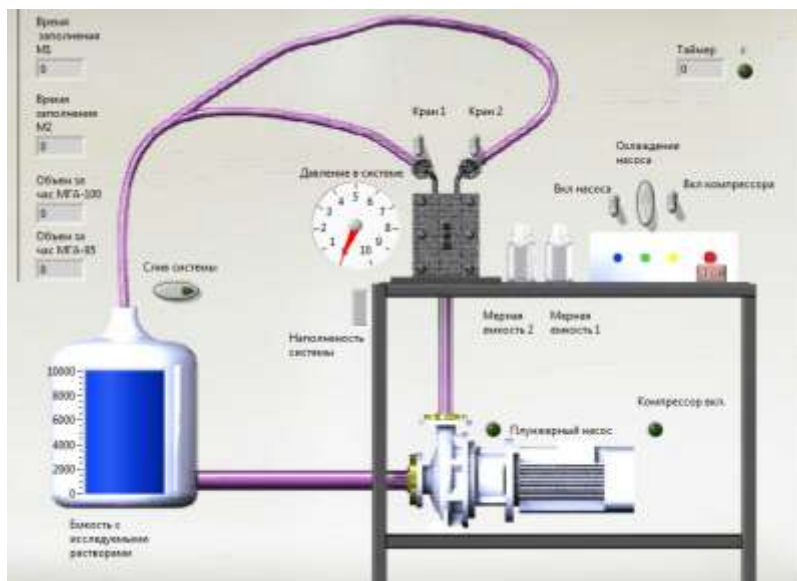


Рис. 3. Рабочее место оператора на плоскокамерной установке

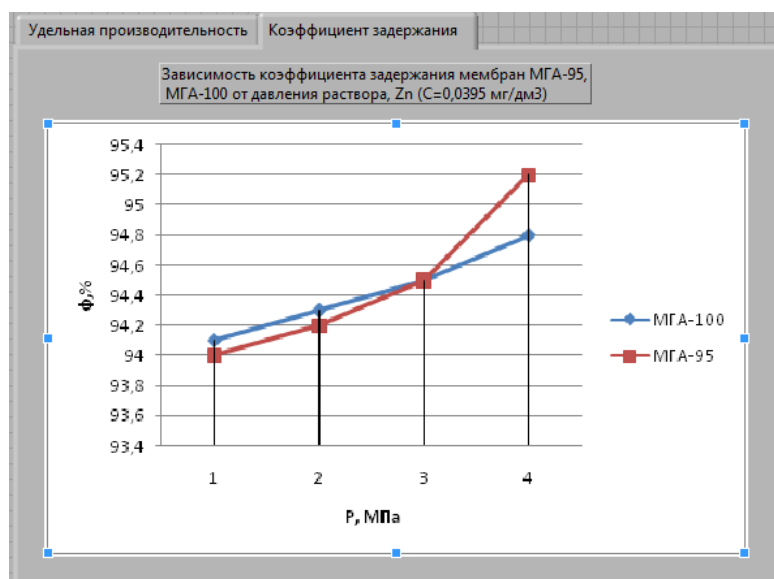


Рис. 4. Вспомогательная панель

ВЫВОДЫ

1. На основе методики проведения экспериментальных исследований на лабораторной обратноосмотической установке разработаны методологические основы виртуальной модели для баромембранных технических систем.

2. Создан комплекс виртуальных тренажеров, который способствует формированию у операторов практических навыков и умений принятия и выполнения решений по управлению технологическими процессами стадий очистки сточных вод, а также позволяет свести к минимуму ошибки операторов при управлении реальными объектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазарев С.И., Мамонтов В.В., Ковалев С.В. Очистка технической воды на обратноосмотической установке плоскокамерного типа // Известия вузов. Химия и химическая технология. Иваново, 2006. Т. 49. Вып. 9. С. 52-54.
2. Немтинов В.А. и др. Методы и алгоритмы создания виртуальных моделей химико-технологических систем: монография. Тамбов: Издат. дом Тамб. гос. ун-та им. Г.Р. Державина, 2011. 282 с.
3. Немтинов В.А. и др. Визуализация информационного пространства при управлении коммунальными системами // Вест. комп. и информ. технологий. 2010. № 3. С. 14-19.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания.

Поступила в редакцию 21 января 2016 г.

Акулиничев Андрей Михайлович, Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация, аспирант, кафедра прикладной геометрии и компьютерной графики, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

Абоносимов Олег Аркадьевич, Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной геометрии и компьютерной графики, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

Лазарев Дмитрий Сергеевич, Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация, студент, кафедра прикладной геометрии и компьютерной графики, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

Лазарев Сергей Иванович, Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой прикладной геометрии и компьютерной графики, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

UDC 66.081.6
DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-1-302-305

VIRTUAL SIMULATION OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF REVERSE OSMOSIS SEWAGE DIVISION OF ELECTROTYPE PRODUCTION

© A.M. Akulinichev, O.A. Abonosimov, D.S. Lazarev, S.I. Lazarev

Experimental studies that examine the basic kinetics of reverse osmosis separation of industrial wastewater electroplating and, based on the development of a virtual simulator are carried out.

Key words: virtual simulators; reverse osmosis; membrane; simulation environment of LabVIEW; wastewater.

REFERENCES

1. Lazarev S.I., Mamontov V.V., Kovalev S.V. Oчistka tekhnicheskoy vody na obratnoosmoticheskoy ustanovke ploskokamernogo tipa. *Izvestiya vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*. Ivanovo, 2006, vol. 49, no. 9, pp. 52-54.
2. Nemtinov V.A. et al. *Metody i algoritmy sozdaniya virtualnykh modeley khimiko-tekhnologicheskikh sistem*. Tambov, Publishing House of Tambov State University named after G.R. Derzhavin, 2011. 282 p.
3. Nemtinov V.A. et al. Vizualizatsiya informatsionnogo prostranstva pri upravlenii kommunalnymi sistemami. *Vestik kompyuternykh i informatsionnykh tekhnologiy*, 2010, no. 3, pp. 14-19.

GRATITUDE: The work is fulfilled under financial support of Ministry of Education and Science of Russian Federation within the framework of state assignment.

Received 21 January 2016

Akulichev Andrey Mikhaylovich, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, Post-graduate Student, Applied Geometry and Computer Graphics Department, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

Abonosimov Oleg Arkadevich, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, Candidate of Technics, Associate Professor of Applied Geometry and Computer Graphics Department, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

Lazarev Dmitry Sergeevich, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, Student, Applied Geometry and Computer Graphics Department, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

Lazarev Sergey Ivanovich, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, Doctor of Technics, Professor, Head of Applied Geometry and Computer Graphics Department, e-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru