изолиний (в виде поверхностей), создавать снимки виртуального окружения для дальнейшего анализа. Так же пользователь может осуществлять настройку отображения объектов виртуальной среды (скрыть или показать объекты, изменить масштаб и т. д.). Для всех объектов созданы текстуры, которые облегчают восприятие и приближают виртуальные объекты к реальным.

Применение ВР позволяет получить пользователю целостное представление о структуре продуктивного горизонта за счет эффекта присутствия внутри геологической среды.

Емельянов А.М., Надеждин И.С.

ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИОННОГО АФФИНАЖА

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
634050 Российская Федерация, г. Томск, пр. Ленина, д. 30,
email: ame8@tpu.ru

В рамках Передовой инженерной школы ТПУ создаются математические модели и цифровые двойники технологического оборудования замкнутого ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ). Одним из технологических процессов переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) является экстракционный аффинаж. В рамках цифровизации производств остро ощущается потребность в математических моделях, обладающих высокой точностью и учитывающих ключевые особенности технологических процессов (ТП). Перспективным методом моделирования сложных ТП является использование искусственных нейронных сетей (ИНС), которые позволяют повысить точность моделирования. В работе разработана гибридная модель процесса экстракции, которая состоит из ИНС для определения коэффициентов распределения целевых компонентов (ЦК) и аппарата дифференциальных уравнений, описывающих динамику процесса.

Коэффициент распределения ЦК зависит от многих факторов, например, таких как концентрации и расходы ЦК, температура смеси органической и водной фаз, концентрации высаливателей и т. д. Обучающая выборка была составлена в результате обзора и анализа справочников и литературных источников [1–2].

В ходе работы были определены оптимальные структура, параметры и метод обучения используемой ИНС. Адекватность разработанной гибридной модели процесса экстракционного аффинажа была подтверждена в результате вычислительных экспериментов.

Исследование выполнено в рамках федерального проекта «Разработка математических моделей и цифровых двойников технологического оборудования замкнутого ядерно-топливного цикла», ПИШ-НИР-2023-010.

Список литературы

1. Николотова З.И., Карташова Н.А. Экстракция нейтральными органическими соединениями / Под ред. А.М. Розена. – М.: Атомиздат, 1976. – Т. 1 – 600 с.

2. Розен А.М. Термодинамика экстракционных равновесий уранилнитрата // Атомная энергия. – 1957. – Т. 2. – № 5. – С. 445–458.

Емельянов А.М., Надеждин И.С.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
634050 Российская Федерация, г. Томск, пр. Ленина, д. 30,
email: ame8@tpu.ru

В атомной и тепловой энергетике широко используются расходомеры, на базе сужающих устройств. Их принцип действия основан на измерении перепада давления на сужающем устройстве и его пересчет в значения расхода жидкой среды с помощью корнеизвлекающей функции. При этом не учитываются параметры измерительного канала и жидкой среды. В результате возникает проблема измерения расхода жидкой среды при изменении параметров измерительного канала. Для решения данной проблемы предлагается использовать прогнозирующую модель на базе искусственной нейронной сети (ИНС).

В ходе работы была разработана нейросетевая модель, позволяющая вычислять расход жидкой среды по измеренному перепаду давления на сужающем устройстве с учетом параметров трубопровода, сужающего устройства и измеряемой жидкой среды [1]. Для прогнозирующей нейросетевой модели была выбрана линейная трехслойная структура [2, 3]. Для обучения ИНС был использован алгоритм обучения Левенберга-Марквардта. Разработанная нейросетевая модель была протестирована на тестовых выборках.

При этом приведенное среднеквадратичное отклонение не превышает 0,3 %, что позволяет сделать вывод об адекватности разработанной прогнозирующей нейросетевой модели и использовать ее в дальнейшей работе.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-00011, https://rscf.ru/project/22-79-00011/».