

РЕАЛИЗАЦИЯ ВИРТУАЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА ПРОЦЕССА СИНТЕЗА МЕТИЛ-ТРЕТ-БУТИЛОВОГО ЭФИРА НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Демидов А.И. Амаева Л.А.

Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»,
г. Нижнекамск, Республика Татарстан, Российская Федерация

*В статье описывается реализация виртуального анализатора
процесса синтеза метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) на основе
адаптивных систем искусственного интеллекта.*

Ключевые слова: виртуальный анализатор; нейронная сеть; ис-
кусственный интеллект; метил-трет-бутиловый эфир

IMPLEMENTATION OF A VIRTUAL ANALYZER FOR THE SYNTHESIS OF METHYL TERT-BUTYL ETHER BASED ON ADAPTIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS

Demidov A.I. Amaeva L.A.

Nizhnekamsk Institute of Chemical Technology (branch)
of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Kazan National Research Technological University», Nizhnekamsk,
Republic of Tatarstan, Russian Federation

*The article describes the implementation of a virtual analyzer for the
synthesis of methyl tert-butyl ether (MTBE) based on adaptive artificial
intelligence systems.*

Keywords: virtual analyzer; neural network; artificial intelligence;
methyl tert-butyl ether

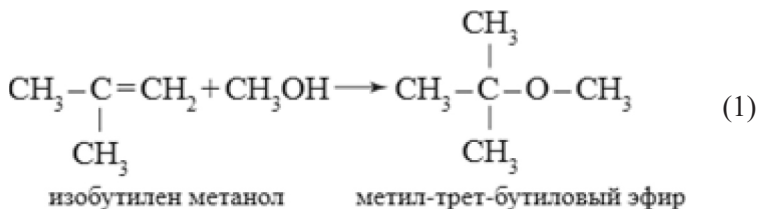
Ведение технологического процесса при использовании современных решений автоматизации заметно упрощает трудоемкость и повышает осведомленность течения процесса. Для определения эффективности технологического процесса используются инструменты анализа готовой продукции, к которым относятся поточные анализаторы и лабораторная аналитика. При внедрении поточных анализаторов предприятие сталкивается с дороговизной установки и дальнейшем обслуживании узла аналитики. Аналитические исследования в лаборатории более трудоёмкие и отнимают большое количество времени для достижения результата. Альтернативным решением является использование виртуальных анализаторов, которые более просты во внедрении и в дальнейшем использовании.

Цель исследования: реализация модели виртуального анализатора на основе адаптивных систем искусственного интеллекта.

Виртуальный анализатор в процессе синтеза МТБЭ представляет собой нейронную сеть, обученную согласно результатам качественного состава МТБЭ и технологических параметров, полученных в результате тестирования объекта на единичные ступенчатые воздействия на различные параметры системы.

МТБЭ получают способом каталитической ректификации из изобутилена и метанола в присутствии ионитных катализаторов с последующим разделением продуктов синтеза. Современная схема синтеза МТБЭ, включающая в себя реактор предварительного синтеза и реакционно-ректификационный аппарат [3].

Синтез МТБЭ из метанола и изобутилена представлена следующей реакцией (1):



Для проектирования, исследования и оптимизации современных промышленных процессов используется специализированное программное обеспечение, такое как Aspen HYSYS. В качестве

объекта тестирования будет использована математическая модель процесса синтеза МТБЭ, созданной в программе HYSYS (рисунок 1) [5].

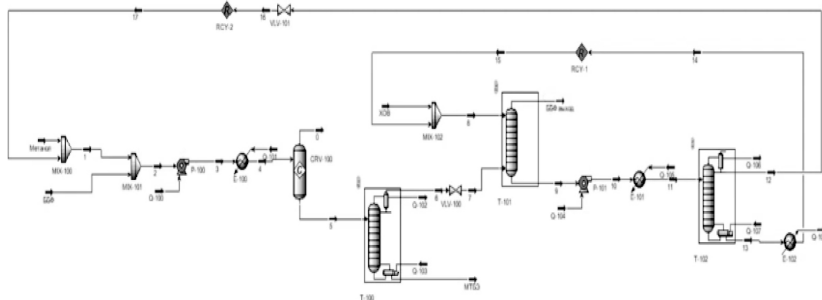


Рис. 1. Модель процесса синтеза МТБЭ

На основании испытаний проводится корреляционный анализ для выявления связей между качеством продукции и технологическими параметрами.

Наиболее значимые параметры, влияющие на качество МТБЭ вносятся в качестве входных параметров обучающей выборки нейронной сети, а параметры имеющие наименьшее влияние или не влияющие на качество продукции в обучающую выборку не включаются.

После обучения искусственной нейронной сети (ИНС) появляется возможность прогнозирования качества МТБЭ при введении на вход нейронной сети технологических параметров.

В соответствии с основными функциями системы представим ее архитектуру (рисунок 2).

Для создания обучающей выборки потребуется импортировать данные из внешнего файла для возможности их быстрой замены при обновлении данных или переобучения системы иной процесс. После загрузки файла необходима обработка данных для приведения их в определенный вид для ввода данных в нейронную сеть. Обучающую выборку требуется подать через инструмент глубокого машинного обучения в нейронную сеть, перед этим разделить входные данные (показания средств измерения технологического процесса) от известного результата (качества МТБЭ) [1].



Рис. 2. Архитектура виртуального анализатора синтеза МТБЭ

Для четкой визуализации входных данных, будет использован инструмент для их представления в графическом виде.

После обучения должна быть возможность сохранения и загрузки модели нейронной сети, для возможности дальнейшего использования без необходимости ее обучения.

Для получения прогноза необходим инструмент ввода данных с интерфейса программы, для дальнейшей обработки данных и подачи их в нейронную сеть. После запуска программы будет совершено прохождение входных данных в нейронной сети, после чего в последнем слое будет вычислен результат качества продукции, который необходимо вывести на экран.

Реализация системы производится на Python 3.7.4 в соответствии с разработанной архитектурой.

Для создания файла обучающей выборки использовался файл с разрешением «.CSV». В файле отображаются столбцы с показателями технологических параметров, которые наиболее сильно влияют на качество МТБЭ, а также качество продукции при данных параметрах. Столбцы представляются в отсортированном виде, требуемом для ввода в среду Python.

Для ввода сторонних файлов в среду Python необходимо использовать библиотеку «Pandas», позволяющая загружать и производить обработку данных. В первую очередь требуется импортировать библиотеку. Далее переменной `data` присвоим содержимое файла «.CSV». Так как инструменты обучения системы поддерживают работу лишь в цифровом виде, необходимо привести обучающую выборку в тип данных `int`.

Для удобной навигации по функциям приложения требуется создать интерфейс программы.

Для создания нейронной сети необходима библиотека «Keras». В которой используется последовательный тип нейронной сети «Sequential» и модуль создания слоев «Dense».

Обучение нейронной сети осуществляется через функцию, которая присваивает значения характеризующую параметры нейронной сети, создается ИНС с количеством входных нейронов равным количеству входных параметров технологического процесса, с экспериментально определенным количеством скрытых слоев и на выходном слое содержащий один нейрон, имеющими функцию активации «сигмоид» [4].

Для обучения используется метод стохастического градиентного спуска (`adam`), основанный на адаптивной оценке функций первого и второго порядка. Метод эффективен при вычислениях, требует мало памяти, статичен при диагональном масштабировании градиентов и хорошо подходит для задач, которые имеют большое количество входных параметров [2].

После обучения нейронной сети осуществляется возможность сохранения модели ИНС. В папке программы создается файл, содержащий обученную модель системы.

Далее предоставляется возможность произвести прогнозирование. Для получения качества МТБЭ необходимо на вход виртуального анализатора подать значения с датчиков, установленных на объекте регулирования. Все полученные переменные в порядке необходимом для обработки в ИНС поступают в массив данных пригодным для чтения. В систему импортируется готовая, обученная модель с корневой папки программы, производятся вычисления в нейронной сети, на выходе выдается результат.

После завершения обучения и наладочных работ виртуального анализатора необходимо произвести оценку эффективности модели, для этого необходимо сгенерировать некоторое количество входных данных и провести сравнение качества продукции при определенных технологических параметрах, полученной при помощи специализированного программного обеспечения Aspen HYSYS с результатом прогнозирования виртуального анализатора на основе нейронной сети. При получении заданной точности работы виртуального анализатора процесс обучения и настройки нейронной сети должен быть завершен.

Виртуальный анализатор – система разработанная на основе методов способных на приведение значений множества технологических параметров в единое значение качественного состава определенного продукта определенного химического процесса.

В рамках выполнения данной работы были рассмотрены вопросы, связанные с виртуальными анализаторами, рассмотрено описание работы виртуального анализатора процесса МТБЭ, разработана архитектура модели виртуального анализатора, составлен подробный алгоритм работы виртуального анализатора, разрабатываемый на языке программирования Python 3 с использованием библиотек Keras, Pandas и т.д. А также определены принципы оценки адекватности полученной модели.

Список литературы

1. Амаева, Л.А. Использование методов интеллектуального анализа данных для моделирования пользователя / Л.А. Амаева // Вестник технологического университета. 2015. №1 (18). С. 320-322.
2. Бринк, Х. Машинное обучение / Х. Бринк, Д. Ричардс, М. Феве-ролф. СПб.: Питер, 2017 г. 336 с.
3. Дозорцев, В.М. Усовершенствованное управление технологическими процессами (АПС): 10 лет в России / В.М. Дозорцев, Э.Л. Ицкович, Д.В. Кнеллер // Автоматизация в промышленности. – 2013. № 1. С. 12-19.
4. Иванова, Ю.В. Нейронные сети и регрессионный анализ как метод прогнозирования временных рядов / Ю.В. Иванова, Т.В. Черемисова // ACADEMY. 2017. № 6 (21). С. 46-48.

5. Шумихин, А.Г. Опыт разработки и внедрения систем усовершенствованного управления технологическими процессами нефтепереработки на базе виртуальных анализаторов качества / А.Г. Шумихин, Д.А. Мусатов, С.С. Власов, А.М. Немтин, В.Г. Плехов // Вестник ПНИПУ. 2016. № 2. С. 39-53.

References

1. Amaeva, L.A. Ispol'zovanie metodov intellektual'nogo analiza dannykh dlya modelirovaniya pol'zovatelya / L.A. Amaeva // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2015. №1 (18). S. 320-322.
2. Brink, Kh. Mashinnoe obuchenie / Kh. Brink, D. Richards, M. Feverolf. SPb.: Piter, 2017 g. 336 s.
3. Dozortsev, V.M. Usovershenstvovannoe upravlenie tekhnologicheskimi protsessami (APC): 10 let v Rossii / V.M. Dozortsev, E.L. Itskovich, D.V. Kneller // Avtomatizatsiya v promyshlennosti. 2013. № 1. S. 12- 19.
4. Ivanova, Yu.V. Neyronnye seti i regressionnyy analiz kak metod prognozirovaniya vremennykh ryadov / Yu.V. Ivanova, T.V. Cheremisova // ACADEMY. 2017. № 6 (21). S. 46-48.
5. Shumikhin, A.G. Opyt razrabotki i vnedreniya sistem usovershenstvovannogo upravleniya tekhnologicheskimi protsessami neftepererabotki na baze virtual'nykh analizatorov kachestva / A.G. Shumikhin, D.A. Musatov, S.S. Vlasov, A.M. Nemtin, V.G. Plekhov // Vestnik PNIPIU. 2016. № 2. S. 39-53.