

УДК 681.542
DOI: 10.18799/29495407/2024/4/78
Шифр специальности ВАК: 2.3.3

Идентификация динамической модели колонны газоразделения для улучшенного управления технологическим процессом

А.В. Уфимцев✉

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск

✉avu34@tpu.ru

Аннотация. Приведён анализ существующих методов оптимизации параметров протекающего технологического процесса путём численного моделирования и тестирования оптимальных параметров функционирования на примере ректификационной колонны в нефтехимической отрасли. Рассмотрены недостатки в работе колонны газоразделения, предложено техническое решение с целью оптимизации процесса выделения бутана. Полученные результаты имеют практическую значимость для инженеров и специалистов в области управления технологическими процессами промышленных предприятий, а также представляют интерес для всех, кто работает в области проектирования химического оборудования и технологических процессов.

Ключевые слова: идентификация, ректификационная колонна, многопараметрический контроллер, математическое моделирование, трендовые группы, T-Soft

Для цитирования: Уфимцев А.В. Идентификация динамической модели колонны газоразделения для улучшенного управления технологическим процессом // Известия Томского политехнического университета. Промышленная кибернетика. – 2024. – Т. 2. – № 4. – С. 41–44. DOI: 10.18799/29495407/2024/4/78

UDC 681.542
DOI: 10.18799/29495407/2024/4/78

Identification of the dynamic model of the gas separation column for improved process control

A.V. Ufimtsev✉

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

✉avu34@tpu.ru

Abstract. This paper provides an analysis of existing methods for optimizing the parameters of the ongoing technological process by numerical modeling and testing optimal functioning parameters using the example of a distillation column in the petrochemical industry. The presented work offers a solution to detect deficiencies in the operation of the column and a proposal of technical solutions to optimize butane extraction. The results obtained are of practical importance for engineers and specialists in the field of process control of industrial enterprises, and are also of interest to everyone who works in the field of design of chemical equipment and technological processes.

Keywords: identification, distillation column, multiparameter controller, mathematical modeling, trend groups, T-Soft

For citation: Ufimtsev A.V. Identification of a dynamic model of a gas separation column for improved process control. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Industrial Cybernetics*, 2024, vol. 2, no. 4, pp. 41–44. DOI: 10.18799/29495407/2024/4/78

Введение

В работе рассматривается идентификация динамических моделей многопараметрического контроллера с целью повышения эффективности функционирования ректификационной колонны, применяемой для выделения бутана в технологических процессах нефтехимической промышленности. В работе рассматриваются исторические данные и методы анализа, а также шаги по оптимизации процесса на основе проведенных исследований. Ректификационная колонна является ключевым устройством в процессах физического разделения вещества с получением целевых продуктов заданного качества. Идентификация данных технологического процесса модели была выполнена в промышленном программном обеспечении T-Soft.

Особое внимание уделено исследованию реальных данных численного моделирования, составлению и последующему анализу трендовых групп для реализации пошагового теста, направленного на определение оптимальных параметров функционирования колонны. Данное исследование имеет практическую значимость для технических специалистов и инженеров, занимающихся проектированием и управлением технологическими процессами в промышленности, поскольку исследование направлено на обнаружение и устранение недостатков в работе ректификационной колонны, поиск эффективных технических решений для оптимизации процесса, что приведет к повышению качества и эффективности производства продуктов нефтехимии.

Описание функционирования системы

Ректификационная (дистилляционная) колонна – это вертикальный цилиндрический аппарат, который предназначен для физического разделения вещества с получением целевых продуктов требуемого качества. При проведении процессов испарения и конденсации в колонне получают пары, более богатые низкокипящими компонентами, и жид-

кость (флегму), более богатую высококипящими компонентами, чем исходное вещество. Процесс многократного контактирования паровой и жидких фаз называется процессом ректификации. Колонна имеет тарелки – это контактные устройства, на которых происходит тепломассообмен между паровой и жидкой фазами [1].

Принципиальная схема колонны с нанесением основных параметров технологического процесса представлена на рис. 1.

Для начала рассмотрим исторические данные изменения параметров технологического процесса ректификационной колонны выделения бутана. На данной колонне был заменён датчик, после чего был проведён анализ трендовых групп. На рассматриваемом периоде найдены участки данных, подходящие для идентификации модели. Такими участками являются ступенчатые модели входа со стабильными показаниями возмущающих переменных. На этих участках данных и была проведена идентификация [2].

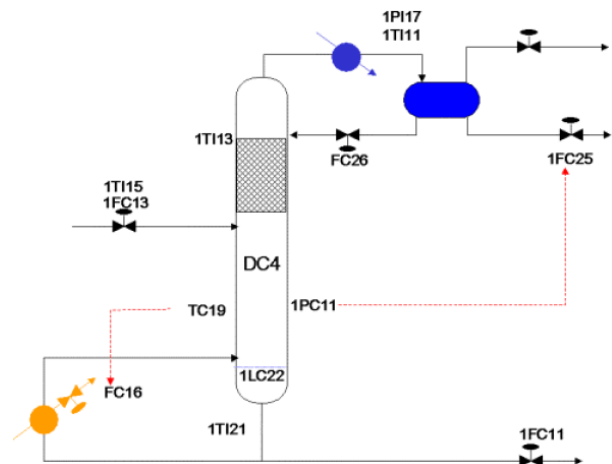


Рис. 1. Структурная схема колонны выделения бутана
Fig. 1. Structural diagram of the butane extraction column

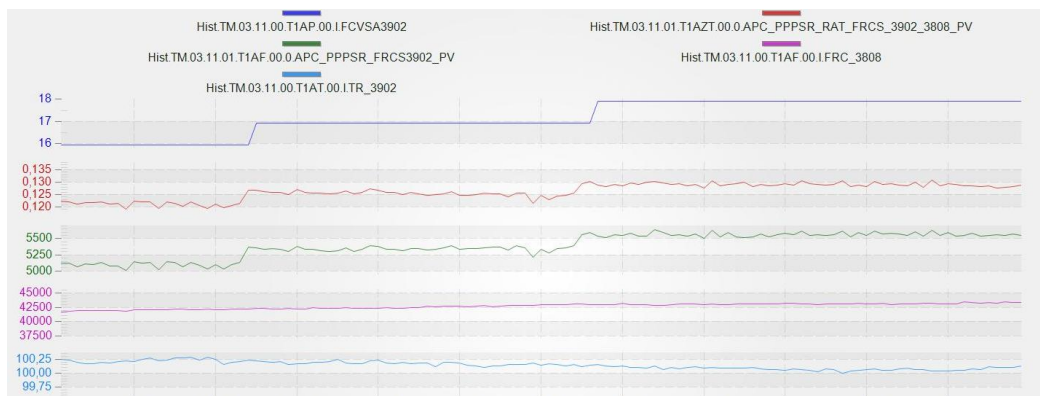


Рис. 2. Анализ трендовых групп
Fig. 2. Analysis of trend groups

Исходя из проведённого анализа, можно сказать, что величины шагов орошения колонны не достаточны, поэтому нужен планируемый пошаговый тест. Были выгружены данные из проведённого анализа и загружены в симуляцию. На вход подаются две переменные – отношение расхода орошения к питанию и расход орошения колонны. На выходе находится температура шлема (верха). По результатам моделирования, представленным на рис. 3, можно сказать, что модель построить нельзя, так как она не выполняет показатели качества [3].

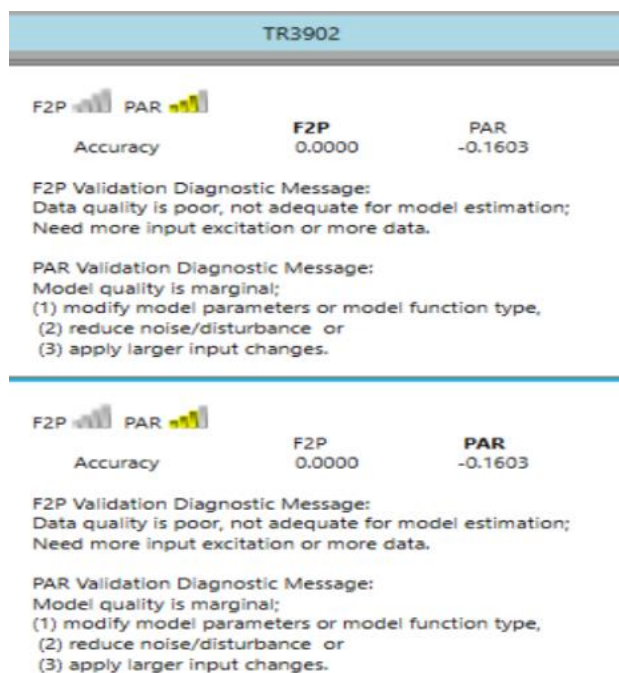


Рис. 3. Результат модели по текущим данным
 Fig. 3. Model result for current data

Необходимо запланировать и выполнить пошаговый тест параметров технологического процесса ректификационной колонны для получения данных, которые будут удовлетворять качеству моделирования. Для того чтобы провести пошаговый тест, необходимо аналитическим путём рассчитать примерные величины орошения колонны. Из рис. 2 видно, что при увеличении орошения колонны на 200–300 кг/час изменение температуры составляет всего 0,25 градуса по Цельсию [4].

На текущий момент отклики при увеличении орошения находятся на уровне шума, поэтому величину шагов теста необходимо масштабировать в 3 раза. По рекомендации эксперта в управлении ректификационной колонной было принято решение об увлечении орошения колонны с 500 до 1000 кг/час и запланирован пошаговый тест, в результате которого будут получены новые значения для создания модели [5].

В результате изменения величин орошения колонны и проведённого пошагового теста на производстве с ректификационной колонны были получены следующие результаты (рис. 4).

В результате пошагового теста видна зависимость температуры от орошения колонны, орошение в виде подачи специального вида масла способствует снижению температуры колонны и интенсивности подачи пара [6]. Данное техническое решение обеспечивает целевое регулирование автоматического управления. Практическая ценность разработанного подхода к управлению технологическими процессами нефтехимического производства заключается в снижении уровня колебаний и перерегулировании параметров технологического процесса, сведения к минимуму влияния человеческого фактора в виде ошибок оператора.

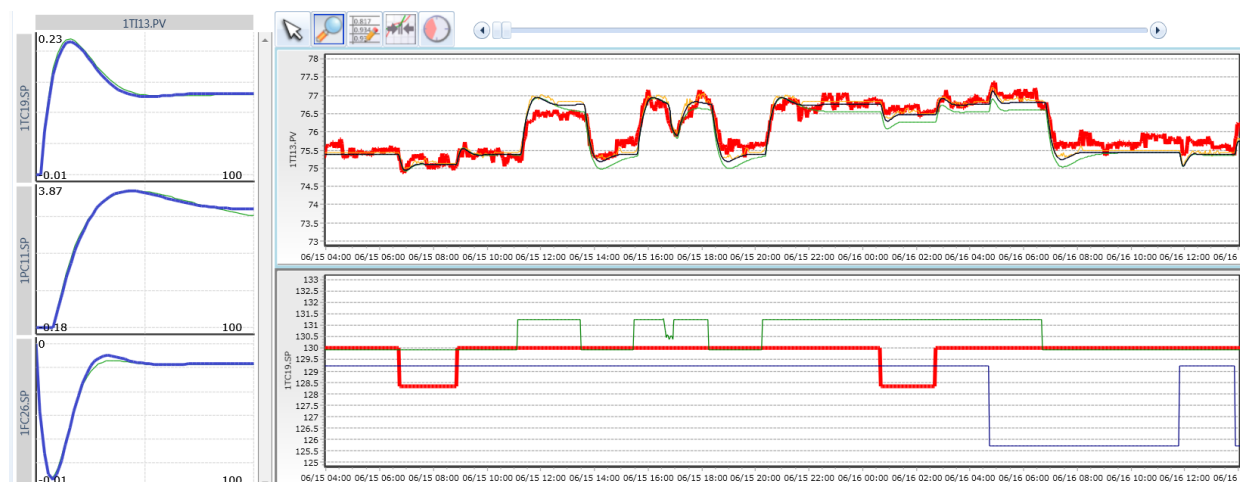


Рис. 4. Результат пошагового теста с колонны и зависимость температуры от орошения после пошагового теста в симуляции
 Fig. 4. Result of the step test from the column and temperature dependence on irrigation after the step test in simulation

Заключение

В ходе выполнения данной исследовательской работы был проведён анализ исторических данных до замены датчика, что позволило выявить необходимость планируемого пошагового теста для оптимизации процесса, поскольку моделирование по текущим данным не позволило построить модель, удовлетворяющую качеству и показателям. Проведённый впоследствии пошаговый тест со значительным увеличением орошения колонны привел к получению новых

данных, демонстрирующих явную зависимость температуры от орошения колонны. Представленные результаты степ-теста позволяют судить о достигнутой эффективности управления технологическим процессом. Таким образом, предложенный подход к оптимизации процесса выделения бутана через ректификационную колонну оказался успешным и позволяет эффективно управлять производством, обеспечивая целевое качество продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мищенко Д.Д. Моделирование распределённой системы идентификации динамических моделей // *Science Time*. – 2015. – № 6. – С. 313–318.
2. Черешко А.А., Шундерюк М.М. Границы применимости алгоритмов усовершенствованного управления с прогнозирующей моделью в условиях неопределённости объекта управления // *Проблемы управления*. – 2020. – № 1. – С. 17–23. DOI: <http://doi.org/10.25728/ru.2020.1.2>
3. Сайделов А.Р. Разработка оперативной диагностики изменения характеристик объекта // *Символ науки*. – 2021. – № 2. – С. 23–25.
4. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1991. – 496 с.
5. Бекиров Т.М., Ланчаков Г.А. Технология обработки газа и конденсата. – М.: Недра, 1999. – 596 с.
6. Современное состояние математического моделирования ректификационных колонн / С.А. Азизов, Н.С. Али-заде, З.А. Искандер-заде, А.М. Молчанов. – М.: [б. и.], 1974. – 18 с.

Информация об авторах

Андрей Владимирович Уфимцев, студент отделения автоматизации и робототехники Инженерной школы информационных технологий и робототехники, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30; avu34@tpu.ru

Поступила в редакцию: 02.11.2024

Поступила после рецензирования: 10.12.2024

Принята к публикации: 29.12.2024

REFERENCES

1. Mishchenko D.D. Modeling of a distributed system for identification of dynamic models. *Science Time*, 2015, no. 6, pp. 313–318. (In Russ.)
2. Cheresenko A.A., Shunderyuk M.M. Applicability limits of model-based predictive control algorithms under uncertain control object dynamics. *Control sciences*, 2020, no. 1, pp. 17–23. (In Russ.) DOI: <http://doi.org/10.25728/ru.2020.1.2>
3. Saidelov A.R. Development of operational diagnostics of changes in the characteristics of an object. *Symbol of Science*, 2021, no. 2, pp. 23–26. (In Russ.)
4. Dytnerky Yu.I. *Basic processes and apparatuses of chemical technology*. Moscow, Khimiya Publ., 1991. 496 p. (In Russ.)
5. Bekirov T.M., Lanchakov G.A. *Technology of gas and condensate processing*. Moscow, Nedra Publ., 1999. 596 p. (In Russ.)
6. Azizov S.A., Ali-zade N.S., Iskander-zade Z.A., Molchanov A.M. *Current state of mathematical modeling of distillation columns*. Moscow, 1974. 18 p. (In Russ.)

Information about the authors

Andrei V. Ufimtsev, Student, National Research Tomsk Polytechnic University, 60, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation; avu34@tpu.ru

Received: 02.11.2024

Revised: 10.12.2024

Accepted: 29.12.2024