

Разработка виртуального анализатора качества системы усовершенствованного управления в нефтегазовой отрасли

А.В. Уфимцев

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.А. Филипас
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: avu34@tpu.ru

Development of a virtual quality analyzer for an advanced process system in the oil and gas industry

A.V. Ufimtsev

Scientific Supervisor: Ass. Prof., Ph.D. A.A. Filipas
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: avu34@tpu.ru

Abstract. *The relevance of this research work is emphasized by the need for constant quality control over the technological process in the oil and gas industry, primarily over the quality of products. To carry out this kind of control, it is proposed to design and use a virtual quality analyzer, which allows you to continuously and without significant capital investments in real time to obtain information about the quality of products and process parameters. This paper continues the research in the field of advanced management conducted by scientists from large petrochemical companies. The presented scientific work is exclusively educational and research in nature and is based on the already available results of qualified specialists in the field of mathematical industrial modeling.*

Key words: *virtual quality analyzer, identification, regulation, correlation, mathematical analysis.*

Введение

Традиционные методы анализа качества продукции в виде лабораторных анализов и поточных анализаторов зачастую оказываются недостаточно эффективными вследствие низкой частоты измерений, высокой стоимости анализа, влияния человеческого фактора, необходимостью периодической калибровки и регулярного обслуживания [1].

В данной работе в качестве альтернативного подхода для оценки значений трудноизмеримых параметров технологического процесса предлагается использовать алгоритмы дифференциальных измерений, на базе которых реализуются так называемые виртуальные анализаторы (ВА). По своей сути, виртуальные анализаторы – это математические модели, производящие косвенный расчет показателей качества технологического процесса на основе архивных производственных данных и данных лабораторных анализов [2].

В ходе эксплуатации виртуальные анализаторы качества имеет значимые преимущества перед другими подходами анализа качества, в виде непрерывности измерений, низкой стоимости внедрения и обслуживания. Единственное требование к данным анализаторам – это возможная периодическая корректировка при условии отсутствия параметров автонастройки [3].

Результаты

После загрузки исторических данных в специализированном программном обеспечении проводим корреляционный анализ показывает, как сильно один параметр зависит от другого. Данное решение позволяет рассмотреть зависимость содержания альфаметилстирола и мономеров стирола в кубе по лабораторному анализу от технологических параметров. Результат анализа представлен на рис. 1.

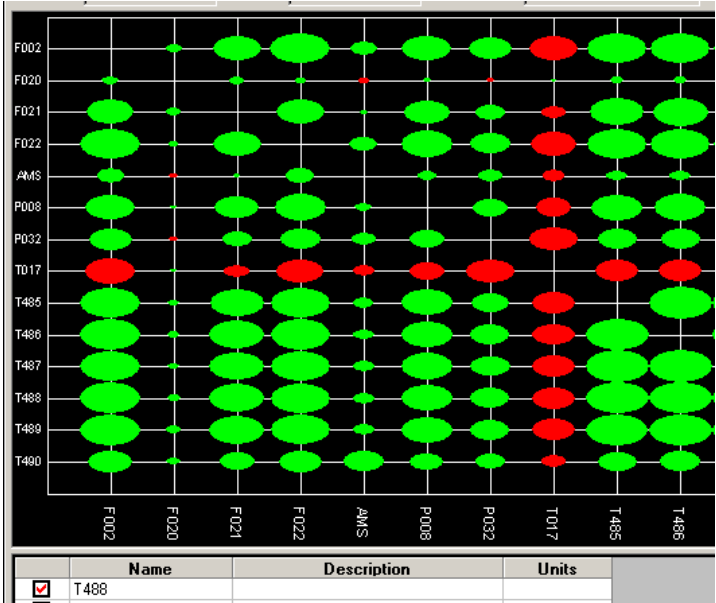


Рис. 1. Корреляционный анализ работы колонны C703

В данном окне статическая корреляция между переменными отображается в виде матрицы. Область каждой точки пропорциональна степени корреляции между двумя переменными. Зеленые точки означают положительную корреляцию, а красные точки – отрицательную. Как мы видим из представленного анализа наиболее зависимыми от содержания разделяемых продуктов в кубе являются температуры тарелок T485, T486.

На основе полученных данных, были выбраны три наиболее коррелирующих параметра, по которым и была построена математическая модель виртуального анализатора (рис. 2).



Рис. 2. Анализ трендовых групп параметров колонны газоразделения

Синяя линия – лабораторный анализ по альфпметилстиролу в кубе колонны;
 Красная линия — виртуальный анализ по альфпметилстиролу в кубе колонны;
 Зелёная линия — виртуальный анализ по стиролу в кубе колонны.

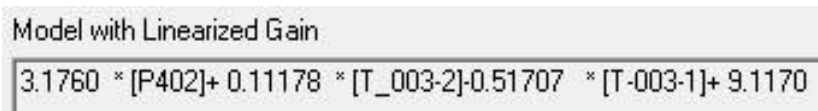
Как можно заметить из представленного графика, использование виртуального анализатора стабилизировало значения альфаметилстирола, снизило перерегулирование и зашумленность данного сигнала.

Основные способы определения качества построенной модели:

- 1) Визуально;
- 2) По различным статистическим критериям, таким как коэффициент детерминации, Index, MAPE и другие.

В нашем случае показатель $\text{Index} = 41$. Виртуальный анализатор приемлемым для технологических процессов нефтегазовой отрасли, при $\text{Index} < 100$.

Выше указано, как выглядит классическая формула ВА. Рассмотрим, как выглядит математически полученная формула для разработанного практически виртуального анализатора, представленная на рис. 3.



$$\text{Model with Linearized Gain}$$

$$3.1760 * [P402] + 0.11178 * [T_003-2] - 0.51707 * [T-003-1] + 9.1170$$

Рис. 3. Математическая формула расчёта разработанного виртуального анализатора

Важно отметить, что виртуальные анализаторы являются альтернативой поточным анализатором (ПА), могут использоваться совместно или в качестве их резерва, и ни в коем случае не заменяют ПА и заводской лабораторный контроль. Результаты лабораторного контроля или ПА необходимы для обновления модели ВА в процессе эксплуатации в случае расхождения расчетных значений с фактическими анализами.

Комплекс виртуальных анализаторов может быть реализован в виде автономной системы виртуального мониторинга в виде подсказчика. Но более эффективным является использование ВА в контурах управления СУУТП совместно с прогнозирующей динамической моделью контроллера (МРС). Это позволяет управлять виртуальным анализатором непрерывно для получения большей эффективности и прибыли.

Заключение

Таким образом при помощи методов математического анализа и динамических моделей на основе дифференциальных уравнений первого и второго порядка был спроектирован виртуальный анализатор качества для колонны разделения альфаметилстирола и мономеров стирола. Как итог проведенного моделирования и исследование на примере работы колонны разделения альфаметилстирола и мономеров стирола показало экономическую эффективность и целесообразность практического применения данного решения. Что подтверждается анализом трендовых групп показателей целевых значений продуктов колонны – значительно снизились помехи, колебания параметров технологического процесса, скорректирована регламентная граница управления.

Список литературы

1. Патент RU 2176149C1 Система автоматического управления процессом ректификации / Г.М. Марушак, В.С. Кудряшов, Б.Г. Энтин, М.В. Алексеев, В.В. Кузьменко. Заявлено 01.12.2001; Опубл. 27.11.2001. – 8 с.
2. Патент SU532849A1 Система для автоматического регулирования расхода кубового продукта в процессе ректификации / В.Р. Тучинский. Заявлено 15.11.1974; Опубл. 25.10.1976. – 5 с.
3. Шумихин А.Г., Мусатов Д.А., Власов С.С., Немтин А.М., Плехов В.Г. Система усовершенствованного управления технологическими процессами с использованием пакетов AIDA, RQE, SMOC: Учебно-методическое пособие – Уфа: УГНТУ, 2021. – 95 с.