

**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ МОДЕЛЕЙ
ВИРТУАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
УСТАНОВКИ ПРЕДФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИНЕЙНЫХ
АЛКИЛБЕНЗОЛОВ**

В.А. Зуев, В. И. Тураносов, В.К. Унгефукт, ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез»,

А.В. Струков, ОАО «СПИК СЗМА»

Software Models of Virtual Analyzers (SMVA) for n-paraffin wide spread rectification plant's product quality measures are designed. They include linear multidimensional regression equation systems, output value forecasting accuracy analysis algorithms, and their change procedures. SMVA represents a basis for continuous oil-refinery enterprise information support in optimal performance modes. These modes presume that technological process performance is close to stable quality values while product quality margin is decreased. In this case the role of monitoring (continuous check in the broad sense of the word) the output product quality measures grows considerably. SMVA's accuracy analysis & correction procedures algorithms use not only traditional statistical tests but also retrospective analysis results of the plant's material (mass) & component balance convergence.

Разработаны программные модели виртуальных анализаторов (ПМВА) показателей качества продукции установки Предфракционирования. Они включают в свой состав системы линейных многомерных регрессионных уравнений, алгоритмы оценки точности прогнозирования выходных величин, а также процедуры их коррекции. ПМВА составляют основу непрерывного информационного обеспечения технологического процесса в оптимальных по технико-экономическим показателям режимах. Указанные режимы предполагают необходимость ведения технологического процесса вблизи границ устойчивых значений показателей качества при снижении уровня запаса по качеству выпускаемой продукции. В этом случае значительно возрастает роль мониторинга (непрерывного контроля в широком смысле слова) показателей качества выходной продукции. Алгоритмы оценки точности и процедуры коррекции ПМВА, кроме традиционных статистических критериев, используют результаты ретроспективного анализа сходимости материального (массового) и компонентного баланса установки Предфракционирования.

Установка Предфракционирования состоит из трех колонн - стриппер-колонны С-201, редистилляционной колонны С-202 и финализационной колонны С-203. Сырьем является широкая фракция n-парафинов (С9-С20). Верхним продуктом стриппер-колонны С-201

является фракция С9. Колонна С-202 рассчитана на выделение трех фракций: С10-С12, С13 и С14 и выше. В колонне С-203 выходным потоком является фракция С14-С17, кубовым остатком являются тяжелые парафины С18 и выше.

Применение формально-эмпирических математических зависимостей, полученных в результате статистического обследования действующей установки Предфракционирования, легло в основу разработки концепции информационного обеспечения технологического процесса в оптимальных по технико-экономическим показателям режимах в виде регрессионных соотношений между параметрами входных и выходных потоков установки. Параметрами выходных технологических потоков Y являются значения массовой доли отдельных компонент, которые полностью определяют качество функционирования установки как степени приспособленности установки к выполнению поставленных перед нею задач. Входными параметрами регрессионных уравнений X являются параметры технологических режимов (ПТР) - температуры, давления, расходы колонн установки. Для каждой i -й компоненты j -й выходной фракции на основе результатов пассивного эксперимента строился набор регрессионных уравнений вида $Y=X\beta+e$, где оценка вектора β , полученная на основе использования метода наименьших квадратов, имеет вид: $\beta=(X'X)^{-1}X'Y$; e -латентная (скрытая), не поддающиеся непосредственному измерению случайная «остаточная» компонента, отражающая влияние неучтенных на входе факторов, а также случайных ошибок в измерительных каналах входных и выходных параметров. Системы линейных множественных регрессионных уравнений (ЛМРУ) являются ядром разработанных программных моделей виртуальных анализаторов (ПМВА) показателей качества выходных потоков.

Обучающие выборки, по которым рассчитываются оценки вектора β для набора регрессионных уравнений (порядка 20-ти уравнений), различаются по объему исходных данных, включению в них данных о функционировании установки в различные месяцы года (сезонные отличия) и данных по режимам с различными производственными заданиями по исходному сырью и выпускаемой продукции (производственные отличия). Кроме того, возможно построение нескольких регрессионных уравнений, отличающихся составом входных ПТР. Построение нескольких регрессионных уравнений для одной компоненты выходной фракции позволяет осуществлять двухэтапную процедуру коррекции прогнозируемых значений показателей качества выходных потоков. На первом этапе подбирается одно или несколько уравнений регрессии, статистически наиболее точно описывающих соответствующие технологические процессы (например, по критерию минимума минимальной суммы квадратов остатков).

На втором этапе осуществляется коррекция коэффициентов вектора β , что позволяет минимизировать влияние случайной составляющей ε . Процедура коррекции отдельных уравнений регрессией построена на основе алгоритма компенсации расхождений значений показателей качества выходных потоков (массовых долей компонент) полученных с использованием ПВМА и полученных в результате лабораторного контроля. Величина расхождений указанных оценок показателей качества рассчитывается на временном интервале 1,5-2 суток (от 4 до 6 лабораторных измерений). Непосредственно перед проведением коррекции осуществляется анализ точности лабораторных измерений на основе анализа сходимости массового и соответствующего компонентного балансов на временном интервале 1-1,5 часа перед отбором фракций. Указанный интервал в большинстве случаев отличается значительно меньшей вариабельностью ПТР, чем на интервалах регулирования или смены режимов, и может рассматриваться как стационарный участок технологического процесса установки. Для этих временных интервалов возможно формирование с заданной достоверностью статистических критериев отбраковки результатов лабораторного контроля и осуществлять процедуру коррекции регрессионных уравнений только по достоверным данным лабораторного контроля.

Модели виртуальных анализаторов, позволяющие прогнозировать показатели качества выходной продукции - массовые доли фракций- с заданной дискретностью (10 минут) на интервалах времени между проведением лабораторного контроля, разработаны для двух уровней управления. Уровень руководителя (начальник установки, начальник цеха) предполагает применение моделей типа М1, использующих в качестве входных переменных результаты контроля качества сырья и значения соответствующих ПТР установки.

Для уровня оператора установки (старший оператор, начальник смены) разработаны модели типа М2, где в качестве входных переменных используются только значения соответствующих ПТР установки. Модели виртуальных анализаторов типа М2 могут быть программно реализованы в системе управления TDC-3000 и выведены на экран монитора как контролируемые параметры с возможностью наблюдения как текущих значений, так и их трендов на задаваемом временном интервале.

Реализация ПМВА позволит осуществлять:

- на уровне руководителя (начальник установки, начальник цеха) ретроспективный анализ технологической обстановки на заданной временном интервале (например, на суточном интервале) с целью оценки управляющих решений технологическим составом установки;

- на уровне технологического состава (старший оператор установки, начальник смены) оперативно оценивать характеристики технологического процесса и показатели качества выходной продукции.

Технико-экономическое обоснование разработки и внедрения ПМВА связано с возможностью реализации информационной поддержки экономических технологических режимов, обеспечивающих качество выходной продукции вблизи заданных регламентом границ, в том числе и при пониженном расходе теплоносителя в рибойлеры колонн установки.

На основе обобщения и анализа предыдущего опыта эксплуатации установки в октябре 2002 г. был организован и проведен активный эксперимент, показавший возможность удовлетворительного с точки зрения качества выходной продукции ведения технологического процесса при снижении расхода теплоносителя в рибойлеры колонн в среднем на 15-22% в зависимости от производительности установки. Кроме того, снижение расхода теплоносителя приводит к снижению расхода орошения на 5-38% в зависимости от производительности установки, что позволяет соответственно снизить потребление электроэнергии на прокачку орошения (в среднем на 0.5 квт/час на 1 м³/час расхода орошения).

Апробация ЛМРУ, анализ их чувствительности и точности осуществлялся как в ходе проведения второй части активного эксперимента в апреле 2003 г., так и в на основе анализа результатов мониторинга качества выходной продукции колонны С-202, осуществляемого с помощью ЛМРУ, реализованных в системе управления TDC-3000 в период до и после проведения среднего ремонта установки в июне-июле 2003 г. Анализ полученных результатов показал, с одной стороны, вполне удовлетворительную чувствительность регрессионных уравнений с точки зрения определения тенденции изменения качества выходной продукции при изменении ПТР. С другой стороны, выявлена необходимость периодического (1-2 раза в месяц) ретроспективного анализа точности прогнозируемых показателей и осуществления двухэтапной коррекции ЛМРУ.

Разработанные алгоритмы оценки точности и коррекции ЛМРУ позволяют получать интегральные оценки качества выпускаемой продукции или других производственных показателей за некоторый интервал времени - смену, сутки, неделю и т.д. Кроме того, указанные алгоритмы позволяют обнаружить существенные погрешности (выбросы) результатов химического контроля, обусловленные как объективными, так и субъективными факторами.

При разработке ПМВА была выявлена зависимость их точности от погрешностей (сбоев и систематических ошибок) измерительных каналов. С учетом наличия значимых корреляционных связей между входными переменными, которые, в частности, являются существенным источником погрешностей ЛМРУ, сформулирована обратная регрессионная задача - диагностирование измерительных каналов технологических параметров на основе сравнительного анализа корректности уравнений компонентного и материального балансов,

построенных по данным химического контроля и по результатам моделирования с использованием различных совокупностей входных переменных. Данное направление работ носит поисковый характер и в настоящее время находится на этапе ретроспективного анализа исходных данных.