



ВВЕДЕНИЕ

Июньский номер журнала «Автоматизация в промышленности» традиционно посвящен вопросам автоматизации нефтегазовой промышленности. Нефть представляет собой многокомпонентный природный продукт, состоящий из сложной смеси углеводородов и некоторых других органических соединений. Определением качества и характеристик нефтепродуктов на предприятиях нефтегазового комплекса занимаются аналитические лаборатории, оснащенные широким приборным парком автоматических приборов. При этом аналитические измерения могут проводиться непосредственно в лаборатории. Точность данных методик определяется соответствующим ГОСТом. При этом требуется определенное время на доставку исследуемого материала от места забора пробы до лаборатории, где будет произведен анализ, и время собственно на проведение анализа.

В рыночных условиях жесткой конкуренции производители стремятся минимизировать время, затрачиваемое на проведение измерений свойств технологических потоков жидкостей и газов, что связано в первую очередь с использованием систем усовершенствованного управления (АРС), а также и с все более высокими требованиями к контролю ответственных ТП. Системы управления реального времени наиболее эффективны при использовании в качестве обратной связи данных поточно-

го анализа. Поэтому для многих промышленных производств выбором первостепенной важности для контроля и управления ТП являются поточные анализаторы газов и жидкостей. Эти приборы устанавливаются в непосредственной близости от исследуемого продукта, имеют малое время отклика и таким образом позволяют осуществить практически непрерывный контроль и регулировку ТП в реальном времени. Применение поточных приборов позволяет значительно увеличить эффективность работы предприятия. Однако поточные анализаторы характеризуются значительной стоимостью, кроме того, определенные сложности связаны с их калибровкой.

Редакция журнала «Автоматизация в промышленности» обратилась к производителям поточных анализаторов и разработчикам систем автоматизации на их основе с просьбой рассказать о возможностях, особенностях и преимуществах поточных анализаторов, подходах к их калибровке, а также привести примеры реальных выполненных проектов на отечественных предприятиях и за рубежом.

В тематическом разделе, посвященном поточным анализаторам жидкости и газов, представлены материалы от компаний Applied Instrument Technologies Inc., BrukerOptics, Honeywell, SICK MAIHAK GmbH, Yokogawa, «Модкон Системс», «Объединение БИНАР».

Редакция выражает благодарность всем авторам июньского выпуска журнала за подготовленные статьи, а также Григорию Леонидовичу Ефитову, канд. техн. наук — за научные консультации и помощь в подготовке номера.

ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ СМЕШЕНИЯ ТОВАРНЫХ БЕНЗИНОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОТОЧНОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА СМЕСИ

А.А. Аносов, Г.Л. Ефитов, С.Д. Зусман (ЗАО «Хоневелл»)

Представлен метод нахождения минимально допустимого значения октанового числа с учетом погрешности измерения (это значение является целевым для задачи оптимизации смешения товарных бензинов). Формулируются задачи и функциональность системы оптимизации смешения в реальном времени. Описывается алгоритм периодической проверки адекватности калибровки поточных анализаторов как необходимых элементов системы оптимизации. Приводится опыт внедрения оптимизационных систем с использованием поточного анализа.

Ключевые слова: система оптимизации смешения, проверка, калибровка, поточные анализаторы, инфракрасная спектроскопия.

Задача оптимального управления процессами смешения товарных нефтепродуктов, высокая эффективность ее решения и практической реализации достаточно известны [1–5]. В работе [4] подробно изложены структура и функциональность трехуровневой системы управления (off-line, on-line, PCSU), получаемый от ее внедрения эффект. Уровень on-line управления в этой системе — это оптимизация качества смеси в реальном времени, что требует применения поточного анализа свойств бензинов. В [5] описаны основы инфракрасной спектроскопии, применяемой для поточного анализа, приведены методы калибровки и проверки адекватности калибровочных

моделей поточных анализаторов, оценка точности поточных измерений. В настоящей статье предлагается метод определения оптимальной отдачи качества октановых чисел с учетом погрешности измерения и потерь от повторных смешений (полученные значения октановых чисел будут являться заданием для off-line и on-line оптимизации); рассматриваются задачи, связанные со спецификой оптимизации в реальном времени; приводятся основные алгоритмы управления в реальном времени; предлагается методика систематической корректировки используемых моделей смешения и калибровочных моделей поточного анализатора, что необходимо при on-line

управлении. В заключение обсуждаются вопросы сравнения экономической эффективности от оптимизации смешения в реальном времени и от off-line оптимизации.

Определение оптимальной отдачи качества

При получении начальной рецептуры смешения товарного бензина одним из существенных показателей экономической эффективности найденной рецептуры является так называемая «отдача качества», то есть превышение некоторым свойством товарного бензина своего нормируемого значения. Такое превышение — это прямые экономические потери, так как фактически выпускается более качественный бензин, но цена его при этом не повышается. Таким образом, при определении оптимальной рецептуры должны обеспечиваться требования к минимизации отдачи качества для нормируемых свойств товарных бензинов. При этом необходимо иметь в виду, что оптимальная рецептура не может обеспечить одновременно минимальную отдачу качества для всех свойств. Хотя известны работы по многокритериальной оптимизации (например [6]), все они в конечном итоге сводятся к выбору единственного скалярного критерия. Таким критерием для рассматриваемой задачи может являться минимизация отдачи качества для наиболее важного и критичного свойства (например октанового числа) или минимизация средневзвешенной отдачи качества для нескольких свойств с заданными весовыми коэффициентами для каждого свойства. Каждый весовой коэффициент должен отражать значимость соответствующего свойства. Как правило, отдача качества рассматривается только для октановых чисел и давления насыщенных паров, и наибольшую «цену» имеет октановое число (иногда рассчитывают стоимость октано-тонны бензина).

Далее будем рассматривать только отдачу качества октановых чисел как наиболее экономически значимую. Так, согласно ГОСТ Р 51866-2002 (соответствует евро-нормам ЕН 228-99) разница в требованиях к бензинам Премиум Евро-95 и Супер Евро-98 состоит только в октановых числах. Именно октановые числа влияют на разницу цены этих бензинов, и таким образом разница цен определяет стоимость одной октано-тонны бензина.

Возникает вопрос, к какому минимальному значению отдачи качества нужно стремиться? Часто в оптимизационных системах планирования или расчета рецептур закладывают нулевую отдачу качества (то есть, например, ИОЧ=95 для бензина АИ-95), но это представляется неадекватным решением, так

как не учитывается погрешность измерения октановых чисел, которая всегда имеет место. Искомый минимум должен определяться двумя обстоятельствами — погрешностью измерения октановых чисел и риском повторного смешения (если октановые числа оказались вне нормы).

Согласно ГОСТ Р 8.580-2001 «Определение и применение показателей прецизионности методов испытаний нефтепродуктов», если один оператор, результаты работы которого удовлетворяют требованиям прецизионности метода испытаний, получает серию из n результатов в условиях повторяемости (сходимости) метода и среднее значение этой серии равно X , то с 95% доверительной вероятностью можно допустить, что истинное значение определяемого показателя качества μ находится внутри границ:

$$X - \frac{R_1}{\sqrt{2}} \leq \mu \leq X + \frac{R_1}{\sqrt{2}},$$

$$R_1 = \sqrt{R^2 - r^2 \left(1 - \frac{1}{n}\right)},$$
(1)

где R — воспроизводимость метода, r — повторяемость (сходимость) метода.

При односторонней постановке задачи, когда фиксируют только одну границу (верхнюю или нижнюю), с 95% доверительной вероятностью принимается, что истинное значение определяемого показателя качества μ ограничивается областью значений:

$$\mu \leq X - 0,59 R_1,$$

$$\mu \geq X + 0,59 R_1.$$
(2)

Расчет коэффициента 0,59, который называется фактором пересчета, приведен в указанном ГОСТ. Величина $0,59 R_1$ составляет отдачу качества.

При 95% доверительной вероятности каждое 20-е смешение будет некондиционным (с нарушенным показателем качества). С увеличением доверительной вероятности число таких «плохих» смешений должно уменьшиться, но при этом возрастет отдача качества.

Расширим область доверительной вероятности и проведем расчет, аналогичный ГОСТ Р 8.580-2001

для дополнительных точек (табл. 1).

Из таблицы следует, что если мы используем коэффициент 0,59, то возможно одно некондиционное смешение на 20-й партий бензина, если используем коэффициент 0,84, то одна некондиция будет приходиться на 100 партий.

Если обобщить неравенства (2) и ввести фактор пересчета k , зависящий от p , то можно записать формулы при $n = 1$ (тогда $R_1 = R$):

Таблица 1

p	0,95	0,975	0,99
z	1,64	1,96	2,32
$z/1,96$	0,84	1	1,18
$z/1,96/\sqrt{2}$	0,59	0,7	0,84
m	20	40	100

где p — критическое значение ординат нормированного нормального распределения (доверительная вероятность), z — критические значения, соответствующие доверительной вероятности p при односторонней постановке задачи, $m = 1/(1-p)$ — число смешанных партий бензина, на которое допускается одно некондиционное смешение.

$$\begin{aligned} \mu &\leq X - \kappa(p) R, \\ \mu &\geq X + \kappa(p) R. \end{aligned} \quad (3)$$

В случае октановых чисел используем второе неравенство (октановые числа товарного бензина ограничиваются ГОСТ снизу). Это значит, что отдача качества по октану составляет $\kappa(p) R$.

Согласно ГОСТ 8226-82 «Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа», $R=1$.

Оценим стоимость C необходимых повторных смещений за год при получении некондиционных смещений.

Пусть: $Q_{\text{пар}}$ — средний объем смешения партии товарного бензина, $Q_{\text{год}}$ — годовое производство того же бензина, $n = Q_{\text{год}}/Q_{\text{пар}}$ — число партий товарного бензина, смешиваемых за год, Π — стоимость одного повторного смешения.

Тогда стоимость повторных смещений за год составит:

$$C = (1-p) n \Pi. \quad (4)$$

Если $\Pi_{\text{о.т.}}$ — цена одной октано-тонны, то суммарные потери за год от отдачи качества и повторных смещений составят:

$$\Gamma(p) = \Pi_{\text{о.т.}} \kappa(p) R Q_{\text{пар}} + (1-p) n \Pi. \quad (5)$$

С ростом значений доверительной вероятности p первое слагаемое суммы (4) увеличивается, а второе — уменьшается, что свидетельствует о наличии оптимального значения p , при котором общие потери будут минимальны.

Зависимость $\kappa(p)$ удобно аппроксимировать параболой или экспонентой (рис. 1).

При аппроксимации параболой $\kappa(p) = ap^2 + bp + c$ получены следующие значения коэффициентов: $a = 123,333$, $b = -233,017$, $c = 110,647$. Остаточная погрешность составила $2,95E-18$. При аппроксимации экспонентой $\kappa(p) = q \exp(gp)$, $q = 0,000121$, $g = 8,917432$ остаточная погрешность $0,00084$. В дальнейшем используется параболическая аппроксимация.

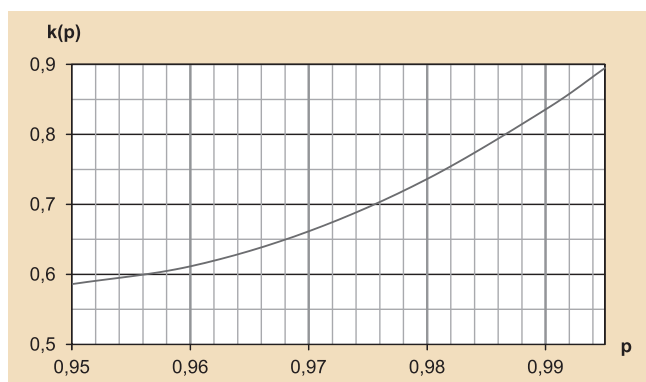


Рис. 1. График зависимости фактора пересчета от доверительной вероятности

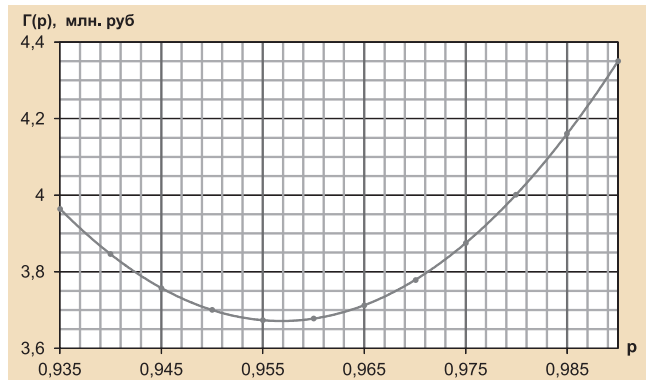


Рис. 2. График зависимости суммарных потерь от отдачи качества и повторных смещений от доверительной вероятности

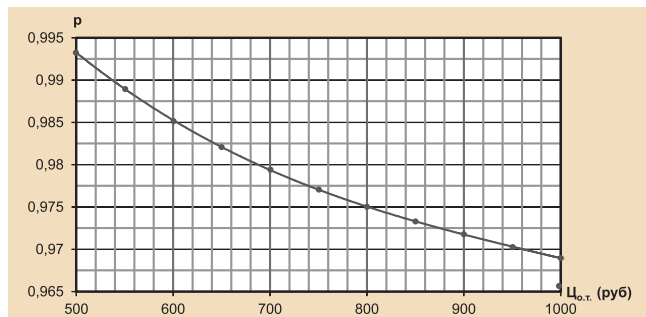


Рис. 3. График зависимости ОДВ от цены октано-тонны

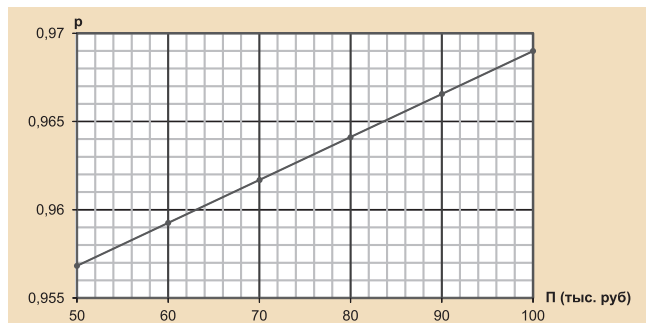


Рис. 4. График зависимости ОДВ от стоимости повторного смешения

По данным одного из НПЗ: $\Pi_{\text{о.т.}} = 1000$, $Q_{\text{пар}} = 5000$, $\Pi = 50000$, $n = 300$.

Тогда минимум функции $\Gamma(p)$ достигается при $p = 0,9582$ (рис. 2).

Найдем зависимость оптимальной доверительной вероятности (ОДВ) от основных параметров задачи: цены октано-тонны и стоимости повторного смешения. Понятно, что в первом случае это должна быть убывающая функция, так как, чем больше цена октано-тонны, тем меньше можно позволить отдачу качества. Эта функция экспоненциальна (рис. 3). Во втором случае, наоборот, чем больше стоимость повторного смешения, тем больше должна быть оптимальная доверительная вероятность, чтобы уменьшить число повторных смещений, при этом зависимость строго линейна (рис. 4).

Зная оптимальную доверительную вероятность p , вычисляем по вышеприведенной квадратичной за-

Таблица 2. Данные и модели, используемые при расчете рецепта

Ограничения регуляторов	Ограничения, рассчитанные на основе предельных значений и состояния регуляторов расхода. Обеспечивают невозможность возникновения ситуации, когда оптимизированная рецептура нарушает ограничения для регуляторов расхода
Ограничения компонентов	Ограничения, сконфигурированные и рассчитанные на основе предельных значений для рецептуры, пределов для скорости изменения значений и пределов по объему компонентов
Модель смешения	Модель представляет собой линейные и нелинейные соотношения между рецептурой компонентов и соответствующим ей значением свойства смеси, и она должна корректироваться для соблюдения соответствия реальному процессу смешения
Компенсация модели	Компенсация модели корректирует модель смешения таким образом, чтобы она более точно соответствовала реальному процессу смешения. Значения компенсации модели рассчитываются путем применения фильтров первого порядка к необработанным значениям компенсации. Необработанные значения компенсации вычисляются путем сравнения оценок свойств по модели (линейные/нелинейные законы смешения с учетом динамики анализаторов) с показаниями анализаторов



Рис. 5. Коррекция модели смешения по измерениям поточного анализатора, где RO_i – необработанная компенсация, $RO_i = A_i - Y_i$, EO_i – отфильтрованная оценочная компенсация.

висимости или по графику (рис. 1) значение фактора пересчета $k(p)$, которое и определит оптимальную отдачу качества.

Итак, с учетом погрешности измерения, риска повторных смешений и условий каждого конкретного НПЗ можно рассчитать оптимальное значение отдачи качества октановых чисел, которое является заданием для системы управления.

Оптимизация качества бензинов в реальном времени

Для поддержания найденного оптимального значения качества смешиваемого бензина в on-line режиме авторами использовалась система ОВРС (Open Blend Property Control), разработанная компанией Honeywell.

ОВРС осуществляет оптимизацию текущей рецептуры и обеспечивает качество смеси в РВ. При этом реализуется схема управления с обратной связью от поточного анализатора качества, измеряющего качество товарного бензина в потоке. Качество компонентов смешения может измеряться как поточным анализатором, так и лабораторией в соответствии с графиками ходового контроля. В каждом цикле работы анализатора система корректирует

Таблица 3. Целевые функции для управления свойствами смесей

Регулировка свойств	Минимизация отклонения свойства смеси от нормативных значений. Для управления отклонениями от спецификаций свойств может быть использована стоимость нарушения спецификаций
Минимальная цена	Минимизация цены смеси на основе цен компонентов
Минимальная отдача по качеству	Минимизация отклонения свойств от верхнего или нижнего пределов спецификаций, основанная на цене свойства качества
Минимальное отклонение	Минимизация отклонения от текущей целевой рецептуры или от верхнего или нижнего пределов для компонента

текущий рецепт в соответствии с данными о качестве смеси и компонентов на данный момент времени, фактическими расходами компонентов и начальной рецептурой смешения партии бензина.

Если используется off-line оптимизация, то найденные там рецептуры применяются, как правило, в качестве задания для системы ОВРС (минимизируется отклонение от этой заданной рецептуры), но ОВРС может использовать и другие целевые функции (см. ниже).

Основные функциональные возможности системы включают:

- проверку достоверности данных поточного анализатора;
- учет и компенсацию динамики анализатора;
- вычисление компенсации модели (то есть невязки между измеренным и рассчитанным по модели показателем качества);
- обеспечение данных по качеству

- компонентов;
- мониторинг состояния выполняющихся смешений;
- сбор данных смешения в РВ для расчета оптимальных управляющих воздействий;
- передачу результатов оптимизации обратно в систему управления смешением в форме обновления рецептуры компонентов. (Значения рецептуры компонентов возвращаются либо в виде процентных значений объема, либо в виде значений расхода).

Оптимизатор рецептуры смеси при этом:

- вычисляет значения ограничений вовлечения в смесь каждого компонента и ограничений каждого регулятора расхода на основе данных системы управления смешением и конфигурационных настроек системы;
- использует расчетные ограничения компонента и регулятора, чтобы оптимизировать смесь;
- вычисляет новую рецептуру смешения (на основе процента от объема или показателя расхода), а также прогнозируемые величины показателей качества для смесителя и средних значений показателей качества.

Система обеспечивает получение данных о качестве технологического потока из следующих информационных источников: анализатор, лабораторные измерения, информация о качестве из базы рецептов, значения, введенные вручную, оценка модели. При расчете рецепта используются различные данные и модели (табл. 2).

Расчет компенсации модели смешения проиллюстрирован на рис. 5.

$$EO_i = \alpha EO_{i-1} + (1 - \alpha) RO_i, \quad (6)$$

где $\alpha = e^{-T/\tau}$, α — фильтр компенсации, T — время отбора проб, τ — время фильтрации компенсации.

Откорректированная оценка используется в каждом цикле поточного анализа для систематической коррекции модели смещения:

$$PE_t = y_t + EO_t. \quad (7)$$

В ходе конфигурирования процесса смещения в ОВРС задаются требуемые целевые функции для управления свойствами смесей. Целевые функции используются системой при выполнении расчетов по оптимизации смещения. Имеется возможность определить следующие целевые функции (возможна также линейная комбинация этих целевых функций) (табл. 3).

Когда применяются две или больше целевых функций, то оптимизация смещения выполняется системой в несколько последовательных этапов, при этом на каждом этапе оптимизируется одна из целевых функций смещения. Каждый следующий этап сохраняет достигнутый на предыдущем этапе оптимум, при этом используются любые оставшиеся степени свободы для оптимизации следующей целевой функции.

Применение системы управления в РВ требует наличия поточного анализа качества смеси. При этом необходимо понимать, что обеспечение достоверности показаний поточных анализаторов невозможно без периодической проверки и коррекции начальной калибровочной модели поточного анализатора.

Периодическая проверка калибровочной модели

Приведем кратко процедуру периодической проверки поточного анализатора в соответствии со стандартом ASTM D6122-99 Standard Practice for Validation of Multivariate Process Infrared Spectrophotometers, основанную на контроле разницы между измерениями поточного анализатора и измерениями опорного метода. Эта процедура не требует больших вычислений и рекомендована вышеуказанным стандартом как наиболее адекватная.

1. Вычисляем среднюю разницу d этих измерений и смещающий диапазон MR :

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}, \quad (8)$$

$$MR = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |d_{i+1} - \bar{d}|}{n-1}. \quad (9)$$

2. Вычисляем пределы контроля для разницы измерений

$$\begin{aligned} UCL_d &= d + 2,66 MR, \\ UCL_{-d} &= d - 2,66 MR. \end{aligned} \quad (10)$$

Поточный анализатор не позволит потоку богатств потеряться в песках расточительности.

Журнал «Автоматизация в промышленности»

3. Применяем экспоненциально взвешенное скользящее среднее (EWMA) с использованием веса $\lambda = 0,2 \dots 0,4$ (рис. 6). Значение $\lambda = 0,4$ хорошо имитирует эффект обычных контрольных карт (например, ГОСТ Р 50779.42-99 «Контрольные карты Шухарта»), а значение $0,2$ имеет оптимальные возможности прогнозирования следующего ожидаемого значения. Кроме того, эти значения λ хорошо размещают контрольные пределы (3 σ) для тенденции значений скользящего среднего от 6 (для $\lambda = 0,2$) до $1,5 \sigma$ (для $\lambda = 0,4$). Рассчитываем контрольные пределы для экспоненциально взвешенного скользящего среднего:

$$\begin{aligned} UCL_\lambda &= d + 2,66 MR \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}}, \\ UCL_{-\lambda} &= d - 2,66 MR \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}}. \end{aligned} \quad (11)$$

4. Если любая разница измерений (исходная или сглаженная фильтром скользящего среднего) находится вне верхнего или нижнего контрольных пределов (10) или (11), то необходимо выяснить причину этого. Результаты анализатора могут быть признаны недействительными, пока причина не будет найдена, а ее последствия исправлены, и достоверность показаний анализатора будет восстановлена.

5. Следующие случаи следует рассматривать, как ранние сигналы нестабильности калибровки:

— два из трех последовательных результатов на графике несглаженных значений выпадают из любого 2σ ($1,77 MR$) предела;

— четыре из пяти последовательных результатов на графике несглаженных значений не попадают под σ ($0,89 MR$) предел;

— восемь или более последовательных результатов на графике несглаженных значений приходятся на одну сторону центральной линии.

Опыт внедрения

Системы оптимизации в РВ смещения бензинов были внедрены на Волгоградском НПЗ [3], также на НПЗ Кстово (Нижний Новгород), Пермском НПЗ (ПНОС) и на Мозырском НПЗ. В качестве поточных анализаторов использовались: на Волгоградском НПЗ анализатор NIR фирмы Modcon, в НОРСИ — FT-NIR Bruker Optics, на ПНОС — NIR Guided Wave, на Мозырском НПЗ — FTIR Analect HSS™. Системы РСУ станциями смещения бензинов на указанных НПЗ также были от разных производителей: на Волгоградском и Мозырском НПЗ установлена Experion PKS фирмы Honeywell,

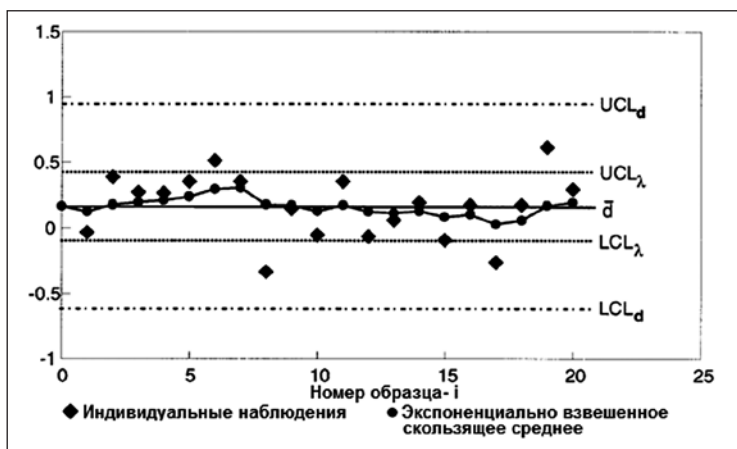


Рис. 6. Проверка адекватности калибровочной модели

на ПНОС — DeltaV фирмы Emerson, в Кстово — PS-7 фирмы Siemens.

Обычно применяются традиционные схемы смешения с компонентными резервуарами и пакетным приготовлением продуктов (периодической работой системы смешения). Однако встречаются заводы, где компонентные резервуары отсутствуют, компоненты подаются в смесители непосредственно с установок), процесс происходит непрерывно. Отсутствие компонентных резервуаров существенно усложняет управление, так как необходимо полностью вовлекать в смешение поступающие потоки (их расходы определяются режимами работы технологических установок) и выдерживать рецептуру смешения, определяемую соотношением расходов компонентов. При этом еще происходит приготовление нескольких продуктов одновременно, поэтому необходим специальный резервуар для так называемой «некондиции», куда сбрасываются «лишние» для заданной рецептуры объемы. После заполнения резервуара такая некондиция используется как компонент смешения.

Кроме того, такая технологическая схема смешения позволяет использовать одни и те же регуляторы (регулирующие клапаны) расхода для подачи компонентных потоков в различные смесители. Направление потоков компонентов с технологических установок через тот или иной регулятор расхода компонента на станции смешения и далее на входы в смесители осуществляется с помощью набора отсекающих (изолирующих клапанов). Компонент может поступать в смеситель через различные регулирующие клапаны, но существует положение отсекающих, которое однозначно определяет регулирующий клапан, осуществляющий управление расходом конкретного компонентного потока в тот или иной смеситель. Для моделирования этого был разработан формализм, который позволил по положению отсекающих автоматически осуществлять обращение к конкретному регулируемому клапану в РСУ для каждого компонентного потока.

Для обеспечения работы ОВРС в РСУ были созданы точки «виртуальных» регуляторов расхода для

каждой пары компонент/смеситель, где возможна неоднозначная привязка (неоднозначная комбинация «компонент — регулятор расхода — смеситель»). В зависимости от состояний отсекающих, параметры точки «виртуального» регулятора расхода коммутируются с параметрами точки физического регулятора расхода так, что для системы ОВРС технологическая схема смешения является однозначной в привязке «компонент — регулятор расхода — смеситель».

Необходимо отметить, что экономический эффект от внедрения систем управления смешением в РВ (on-line), работающих автономно, как правило, меньше, чем от off-line оптимизации (тоже работающей автономно). Это объясняется тем, что при off-line оптимизации принимается во внимание большее число факторов и стоимостных показателей, модель смешения учитывает больше нюансов, и оптимизация проводится по существенно большему числу переменных. При решении задачи off-line оптимизации используется метод последовательного линейного и целочисленного программирования [7], который позволяет найти глобальное квазиоптимальное решение. On-line оптимизация решает более «узкую» задачу, с меньшим числом переменных, используются нелинейный решатель и методы второго порядка, находится локальный экстремум. Однако весьма интересно, что когда одновременно используются два уровня оптимизации (off-line и on-line), и когда в качестве задания для on-line оптимизации задан рецепт, полученный при решении задачи off-line оптимизации (верхний уровень управления), а в качестве цели — минимизация отклонения от этого рецепта, наблюдается дополнительный экономический эффект в виде экономии дорогостоящих компонентов. То есть если найденный при off-line оптимизации рецепт выполняется с помощью стандартной РСУ, то еще остаются некоторые ресурсы оптимизации, по-видимому, связанные с неточностью его реализации. Это можно было бы объяснить использованием в ОВРС более точных значений качественных показателей компонентов (если они измеряются поточным анализатором), но если смешение происходит из компонентных резервуаров, то качество компонентов не должно изменяться в процессе смешения партии бензина. Значит, свою роль играет наличие обратной связи от анализатора и то, что в системе on-line оптимизации используются алгоритмы усреднения и сглаживания данных, что позволяет уменьшать неизбежные погрешности измерения расходов и показателей качества бензинов. Кроме того, задача решается в РВ с периодом несколько минут, а не однократно, как при off-line оптимизации.

Таким образом, если системы оптимизации смешения в РВ применяются автономно, то экономический эффект лишь немного меньше, чем от off-line опти-

мизации. При совместном же использовании, то есть двухуровневой оптимизации, системы on-line оптимизации дополнительно улучшают решение задачи off-line оптимизации, что позволяет получить конкретный экономический эффект, выражающийся в экономии наиболее высокооктановых компонентов смешения.

Заключение

1. Предложен способ определения минимально допустимого значения октанового числа с учетом погрешности воспроизводимости метода измерения. Это значение должно удовлетворять спецификации и быть оптимальным по отдаче качества и числу повторных смешений. Для решения поставленной задачи был расширен на любую доверительную вероятность статистический подход, изложенный в стандарте ГОСТ Р 8.580-2001 «Определение и применение показателей прецизионности методов испытаний нефтепродуктов» для 95% доверительной вероятности. Полученное значение октанового числа должно быть целевым для систем off-line и on-line оптимизации.

2. Рассмотрены задачи, функциональность и модели on-line системы ОВРС компании Honeywell как типовой системы управления РВ, предназначенной для on-line оптимизации процессов смешения. Приводится алгоритм компенсации погрешности математической модели по данным поточного анализа.

3. Применение поточных анализаторов требует периодической проверки и коррекции начальной калибровочной модели, поэтому на основе стандарта ASTM D6122-99 Standard Practice for Validation of Multivariate Process Infrared Spectrophotometers предложен достаточно простой статистический метод

такой проверки, учитывающий, в частности, ранние сигналы нестабильности калибровки.

4. Приведены примеры внедрения систем on-line оптимизации с поточным анализом качества бензинов на различных НПЗ с учетом их специфики. Сравняются возможности минимизации затрат на смешение товарных бензинов при автономном и совместном использовании систем off-line и on-line оптимизации.

Список литературы

1. Wei Wang, Zefer Li, Qiang Zhang, Yankai Li. On-line optimization model design of gasoline blending system under parametric uncertainty. Proceeding of the 15th Mediterranean Conference on Control & Automation. 2007. Athens, Greece.
2. David S. Seiver & Brian Stefurak. Strategies for Achieving Optimal Gasoline Blending. https://www.honeywellprocess.com/library/marketing/casestudies/WhitePaper_Valero_OptimizedGasolineBlending.pdf.
3. Шестаков Н. В., Ефитов Г. Л. Специализированные прикладные компьютерные системы и комплексы как инструмент снижения затрат в нефтепереработке // Нефтяное хозяйство. 1998. № 8.
4. Аносов А. А., Ефитов Г. Л., Пузин Д. Г. Автоматизированная система оптимального управления станцией смешения бензинов на НПЗ // Автоматизация в промышленности. №4. 2010.
5. Аносов А. А., Ефитов Г. Л., Зусман С. Д. Опыт использования ИК-спектрометрии для измерения свойств бензинов на НПЗ // Автоматизация в промышленности. №7. 2012.
6. Da Cunha N. O. and Polak E. Constrained Minimization Under Vector-valued Criteria in Finite Dimensional Spaces, J. Math. Anal. Appl., Vol. 19. 1967.
7. Dantzig G. Linear Programming and Extensions, Princeton University Press, Princeton, 1963.

*Аносов Андрей Александрович — канд. техн. наук, ведущий инженер,
Ефитов Григорий Леонидович — канд. техн. наук, старший консультант
Зусман Сергей Дмитриевич — руководитель отдела реализации проектов ЗАО «Хоневелл».
Контактный телефон (495) 797-99-44.
E-mail: grigory.efitov@honeywell.com*

«Техносерв» адаптировал собственное решение «Национальная платформа Гелиос ТС - 112» к работе в облачных средах

Группа компаний «Техносерв» объявила о выпуске новой версии собственного решения «Национальная платформа Гелиос ТС — 112», адаптированной к работе в виртуализированных средах.

«Национальная платформа Гелиос ТС — 112» (НП Гелиос ТС — 112) — это комплексная информационная система обеспечения приема и обработки обращений населения к экстренным оперативным службам по единому номеру «112». Решение включает как программные, так и инфраструктурные компоненты. Специальное ПО «НП Гелиос ТС — 112» разработано входящей в Группу «Техносерв» компанией «Рексофт». При создании Системы-112 в регионе «Техносерв» выполняет полный комплекс работ, начиная от общестроительных работ, поставки оборудования и создания соответствующей ИКТ-инфраструктуры (ЦОД, ЦОВ) и заканчивая обеспечением информационной безопасности и интеграцией платформы «НП Гелиос ТС — 112» с информационными системами ведомств региона.

Усиление участия регионов в реализации федеральной целевой программы «Создание системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в РФ на 2012–2017 гг.» накладывает новые требования на системы этого класса. В первую очередь решение должно быть адаптировано к уже созданной разно-

образной технической и системной инфраструктуре каждого из регионов. Именно на решение этой задачи была направлена разработка новой версии решения «НП Гелиос ТС — 112», адаптированной к работе в виртуализированных средах. Она открывает новые возможности по развертыванию системы как на базе собственного ЦОДа региона, так и на базе арендуемых мощностей коммерческого или ведомственного дата-центра. Новая версия «НП Гелиос ТС — 112» обеспечивает гибкое масштабирование в отношении числа пользователей и нагрузки, поддерживает работу с «тонкими клиентами». При этом поддерживается качественная работа в виртуализированной среде на базе мультивендорного оборудования.

В завершение разработки специалистами «Рексофт» было проведено нагрузочное тестирование на платформу, в ходе которого было симулировано 30 одновременных вызовов и > 85000 вызовов за сутки. Испытания показали, что решение обладает повышенной отказоустойчивостью и высоким уровнем производительности.

Для представления возможностей «Национальной платформы Гелиос ТС — 112» в Центре компетенций «Техносерва» был развернут стенд, а по желанию заказчика пилотная зона может быть организована на его оборудовании.

[Http://www.technoserv.com](http://www.technoserv.com)