

На правах рукописи



Рылов Михаил Андреевич

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
ПРОДУКЦИИ НА УСТАНОВКЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО
РИФОРМИНГА БЕНЗИНА**

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (химическая технология; нефтехимия и нефтепереработка; биотехнология)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва-2015

Работа выполнена на кафедре «Системы управления и контроля химических производств» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ)» /Университет машиностроения/

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Софиев Александр Эльхананович,
заведующий кафедрой «Системы управления и
контроля химических производств»
Московского государственного
машиностроительного университета (МАМИ)

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор
Юркевич Евгений Владимирович,
заведующий лабораторией «Функциональная
безопасность» Института проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН

доктор технических наук, профессор
Лабутин Александр Николаевич, заведующий
кафедрой «Техническая кибернетика и
автоматика» Ивановского государственного
химико-технологического университета

Ведущая организация: **Тамбовский государственный технический университет**

Защита состоится «24» сентября 2015 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.204.03 при Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева» (125047 г. Москва, Миусская пл., д. 9), конференц-зал (ауд. 443).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-библиотечном центре РХТУ им. Д.И. Менделеева и на сайте <http://diss.muctr.ru>

Автореферат разослан « » _____ 2015 г

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.204.03



Женса А.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Одной из основных проблем, стоящих перед современной нефтеперерабатывающей промышленностью, отмеченной в "Энергетической стратегии России на период до 2030 года", является повышение качества основных видов нефтепродуктов и экономической эффективности их производства. Достижение данных целей возможно не только путем модернизации самих нефтеперерабатывающих установок, но и систем диспетчеризации и управления технологическими процессами (ТП).

Результаты анализов, получаемые средствами заводских лабораторий, как правило, не обладают необходимой полнотой и оперативностью (один раз в смену или даже в сутки). Отсутствие информации по качеству, соответствующей текущему режиму ТП, вынуждает технологов поддерживать режимы, обеспечивающие большой запас по качеству продуктов, тем самым повышая расход сырья и энергии.

Решение указанной проблемы возможно при использовании модели процесса, которая позволит оперативно реагировать на изменение качества сырьевых и продуктовых потоков. В работах Кафарова В. В., Гордеева Л. С., Дорохова И. Н., Дудникова Е.Г., Егорова А.Ф., Юркевича Е.В. и др. показана актуальность использования математических моделей ТП для решения таких проблем и предложены различные подходы к их реализации. Данный подход получил распространение в системах усовершенствованного управления технологическими процессами (системах Advanced process control(АРС)).

Многие зарубежные нефтяные компании успешно используют технологию АРС на своих основных нефтеперерабатывающих установках. (Petronas, Ergon, Sterling Chemicals, ExxonMobil Chemical Company, Shell).

Объектом исследования является установка каталитического риформинга бензина, для поддержания качества, продукции которого требуется определение значений показателей качества в темпе с технологическим процессом.

Предмет исследования – информационная система контроля и прогнозирования показателей качества продуктов установки каталитического риформинга бензина.

Цель диссертационной работы заключается в разработке методического, алгоритмического и программного обеспечения для повышения эффективности функционирования установки каталитического риформинга бензина, путем регулярного прогноза качества получаемой продукции на основе человеко-машинной системы, обеспечивающей автоматизацию производства и интеллектуальную поддержку процессов управления.

В соответствии с данной целью были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) Критический анализ современных методов и средств построения систем прогнозирования показателей качества, представленных на российском рынке, и оценка экономической эффективности таких систем;

- 2) Системный анализ установки каталитического риформинга бензина как объекта управления;
- 3) Разработка и реализация программно-алгоритмических решений, обеспечивающих совместимость и интеграцию различных систем, необходимых для прогнозирования показателей качества;
- 4) Разработка алгоритмов работы операторов с моделью прогнозирования качества;
- 5) Разработка на основе результатов системного анализа требований к визуализации информации для операторов;
- 6) Разработка модели прогнозирования октанового числа стабильного катализата;
- 7) Программная реализация специального математического обеспечения в виде пакета прикладных программ для построения модели прогнозирования качества нефтепродуктов.

Методы исследования. В работе использовались методы и алгоритмы построения экспертных систем, методы промышленной технологии создания автоматизированных систем управления производством, методы статистической обработки данных, методы идентификации производственных процессов, теория искусственных нейронных сетей, математическое и имитационное моделирование.

Научная новизна:

1. Разработана методика построения модели контроля и прогнозирования качества продукта для технологического процесса каталитического риформинга бензина;
2. Разработан и реализован модифицированный алгоритм построения нелинейной модели на основе самоорганизующихся карт Кохонена и факторных преобразований. На основе предложенного алгоритма, построена модель прогноза октанового числа, измеряемого по моторному методу для стабильного катализата;
3. Предложен метод синтеза специального математического обеспечения информационной системы контроля показателей качества нефтепродуктов на базе единого информационного пространства предприятия и среды графического программирования LabVIEW;
4. Предложены методы эффективной организации информационного и программного обеспечения автоматизированной системы оперативного управления производством (АСОУП) и системы контроля показателей качества нефтепродуктов.

Практическая ценность.

1. На основе современных средств и методов промышленной технологии создания АСУП на предприятии внедрена автоматизированная системы оперативного управления производством (АСОУП);
2. Разработана и создана функционирующая в режиме реального времени информационная система контроля показателей качества. Разработанное программное обеспечение (ПО) обеспечивает возможность с заданной

дискретностью выводить для операторов технологических процессов значения показателей качества нефтепродуктов на установке. Так же система выдает рекомендации по оптимальным с точки зрения экономических затрат режимам при выполнении требований по качеству выпускаемой продукции;

3. Проведен сравнительный критический анализ программных продуктов систем усовершенствованного управления технологическими процессами, представленных на российском рынке. Сформулированы основные функции современных систем усовершенствованного управления. Проведенный анализ позволяет существенно сократить время при выборе системы APC для НПЗ и предварительно оценить экономический эффект от внедрения;
4. Предложены и реализованы программно-алгоритмические решения, обеспечивающие совместное функционирования различных SCADA систем (системы диспетчерского управления и сбора данных), LIMS (система управления лабораторной информацией), PI System и среды графического программирования LabVIEW;
5. Разработаны формы представления информации для операторов. Определены основные функции, которые должны быть реализованы в АРМ оператора. Разработаны основные процессы работы с моделью прогнозирования качества.

Внедрение. Методы и алгоритмы, предложенные в работе, используются в ряде проектов: ОАО «СИБУР-Нефтехим», ЗАО «Тольятисинтез». Разработанное программное обеспечение рекомендовано к внедрению на ЗАО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания».

Апробация работы. Результаты работы докладывались и обсуждались на 10-й Международной научно-практической конференции «Инженерные, научные и образовательные приложения на базе технологий National Instruments - 2011» (Москва 8-9 декабря 2011г.), на Научно-практической конференции посвященной памяти Л.А. Костандова, где за первое место доклад отмечен нагрудным знаком «Фонда Л.А. Костандова» (Москва, Университет Машиностроения, 2013).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 работ, в том числе 4 работы опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК.

Структура работы. Диссертационная работа включает в себя введение, 4 главы, заключение, библиографический список из 119 наименований и 3 приложения. Основная часть работы изложена на 140 страницах машинописного текста, содержит 60 рисунков, 14 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во введении рассмотрена актуальность проблемы повышение качества основных видов нефтепродуктов. Обозначена важность контроля качества на всем цикле производства продукции. Обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована научная новизна и практическая ценность.

В первой главе сформулировано понятие APC систем. Приведены требования к современным системам усовершенствованного управления технологическими процессами. Показаны и рассмотрены основные методы применяемые в APC

системах. Выделен принцип построения систем усовершенствованного управления технологическими процессами. Приведены основные производители программных продуктов для построения данных систем и дано описание компонентов программного обеспечения. Показан экономический эффект от внедрения современным системам усовершенствованного управления.

Сегодня, APC охватывает множество технологий и методов управления, таких как экспертные, виртуальные анализаторы, управление по возмущению, адаптивный, многовариантный, нелинейный, и упреждающее управление по модели.

Иерархический принцип предполагает использование все более и более сложных стратегий управления на верхних уровнях иерархии.

Наибольшая прибыль от APC достигается за счет оптимизации работы установки по экономическому критерию. Дополнительные экономические выгоды достигаются за счет более быстрого отклика системы на изменения процесса, что позволяет вести режим ближе к оптимальному.

Опыт работы APC-систем на современных установках показывает, что может быть достигнуты следующие показатели:

- Увеличение производительности по сырью – до 5%;
- Увеличение выхода продуктов – до 5%;
- Уменьшение операционных затрат – на 2-5%.

Системы усовершенствованного управления технологическими процессами позволяют повысить эффективность нефтепереработки и достичь существенной экономической выгоды.

Во второй главе рассмотрена принципиальная схема и дано описание технологического процесса каталитического риформинга бензина. Выделены основные переменные технологического процесса. Приведен алгоритм прогнозирования качества на основе факторных преобразований. Приведены результаты моделирования значения октанового числа измеряемого по моторному методу для стабильного катализата. Рассчитаны основные показатели точности моделирования показателей качества.

Установка каталитического риформинга является обязательным звеном любого современного нефтеперерабатывающего завода. Схема материальных потоков данной установки показана на рисунке ниже (Рисунок 1). Назначение данного процесса – получение высокооктанового компонента автомобильных бензинов, ароматизированного концентрата для производства индивидуальных ароматических углеводородов и технического водорода в результате каталитических превращений бензиновых фракций.

Исходными данными для системы прогнозирования качества стабильного катализата являются значения показаний датчиков установленных на объекте а также результаты анализов показателей качества продукции, выполняемых лабораторными методами.

Выделены 78 технологических переменных, которые определяют качество получаемой продукции. В первую очередь к ним относятся температуры,

давления и расходы на входах и выходах и так же внутри аппаратов технологической схемы.

Это позволило организовать сбор информации соответствующих данных, приведенных в приложениях к работе, которые контролируются на технологическом процессе.

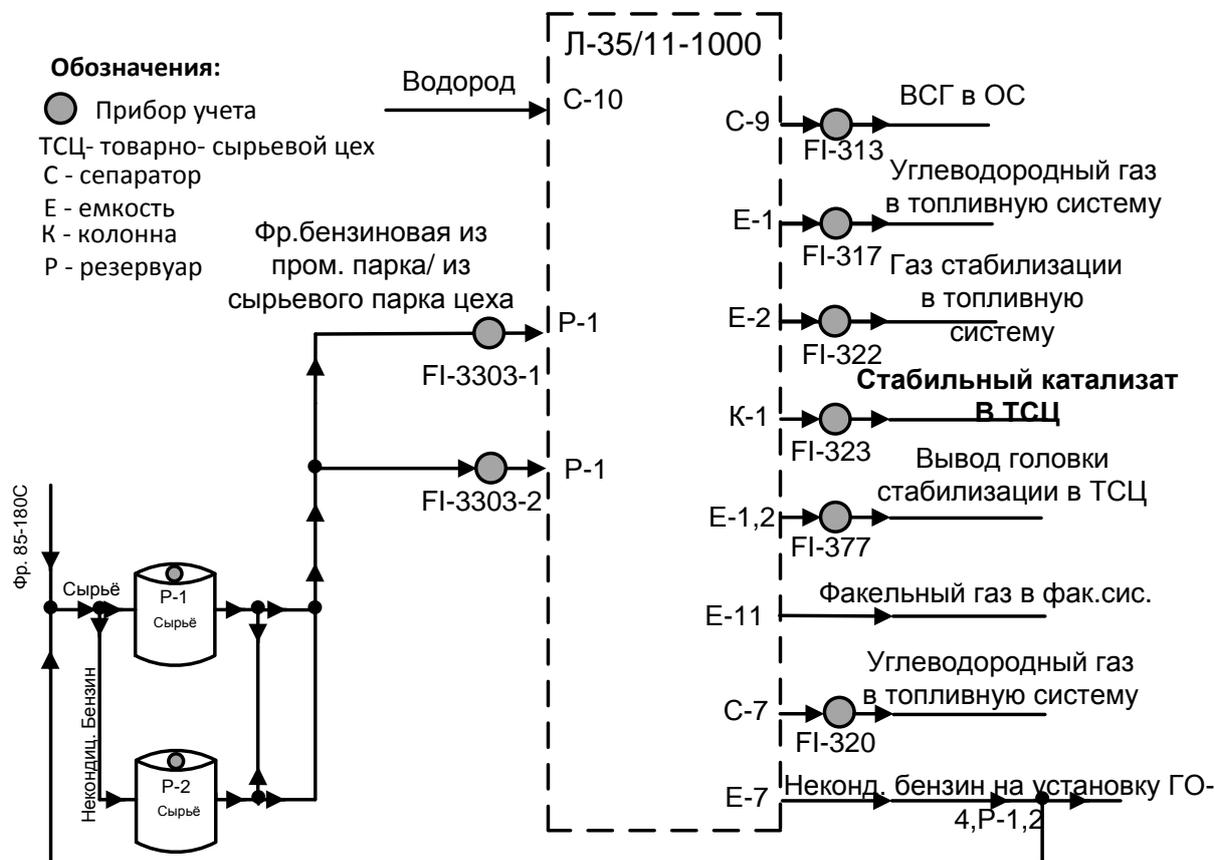


Рисунок 1. Схема материальных потоков установки каталитического риформинга бензина

Собранные данные (5 месяцев работы установки) были предварительно обработаны для удаления аномальных выбросов.

Для расчета текущих значений редко измеряемых показателей качества, таких как октановое число, в реальном масштабе времени используются регрессионные выражения этих показателей через факторы:

$$Q = F * D$$

где D – коэффициенты регрессии. Коэффициенты $D = 1 / \lambda F^T Q$, где $F^T Q$ – матрица корреляций факторов режима и показателей качества по выборке.

λ – дисперсия факторов (собственные числа)

Блок схема алгоритма расчета показателей качества приведена на Рисунке 2.

Для компьютерного расчета числа факторов можно воспользоваться правилом Кайзера: значимы те факторы, для которых:

$$\lambda_i > \frac{trQ}{n},$$

где trQ это сумма диагональных элементов ковариационной матрицы измеряемых переменных, а n количество собственных чисел.

Для моделирования значения октанового числа (ОЧ) измеряемого по моторному методу для стабильного катализатора процесса каталитического риформинга достаточно 11 факторов. На графике (Рисунок 3), показана полная объясненная дисперсия в зависимости от числа факторов. По графику видно, что 11 факторов позволяют объяснить 98,8% всех данных.

Среднеквадратичные отклонения анализ-прогноз должны удовлетворять требованиям ГОСТов на воспроизводимость соответствующих анализов по каждому продукту.

Основные показатели точности моделирования сведены в таблице ниже (Таблица 1). Сравнение расчетных данных, полученных на основе модели и реальных измерений ОЧ стабильного катализатора, а так же гистограмма распределения ошибки и данные о точности моделирования, позволяют судить о высокой точности модели.

В режиме online работы, такая модель позволит операторам:

- Повысить оперативность получения информации по качеству продукции (один раз в минуту, вместо 2-3 раз в сутки);
- Повысить достоверность информации;
- Снизить частоту и длительность нарушений качества и повысить однородность продукции.

В третьей главе работы для повышения качества прогноза предложен алгоритм построения модели качества октанового числа нефтепродуктов на основе самоорганизующихся карт Кохонена (СОК). Данная структура позволяет проводить автоматическую кластеризацию исходной выборки данных, разбивая ее на группы схожих данных. Для определения близости объектов используется евклидова метрика:

$$d_2(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{i,k} - x_{j,k})^2} = \|x_i - x_j\|_2$$

Применяя затем метод факторного анализа, для точек одного кластера, получаем в любой выбранный для анализа момент времени новую модель.

Несмотря на то, что СОК изначально были описаны в нейросетевом языке, будет удобно рассматривать такие карты как двухмерные сетки узлов.

Карта Кохонена обучается методом последовательных приближений. В процессе обучения карты на вход подается случайно выбранный вектор данных, но карта при этом подстраивается не под эталонное значение выхода, а под закономерности во входных данных.

Несмотря на то, что СОК изначально были описаны в нейросетевом языке, нам будет удобно рассматривать такие карты как двухмерные сетки узлов (Рисунок 4).

Карта Кохонена обучается методом последовательных приближений. В процессе обучения карты на вход подается случайно выбранный вектор данных, но карта при этом подстраивается не под эталонное значение выхода, а под закономерности во входных данных.



Рисунок 2. Алгоритм расчета показателей качества

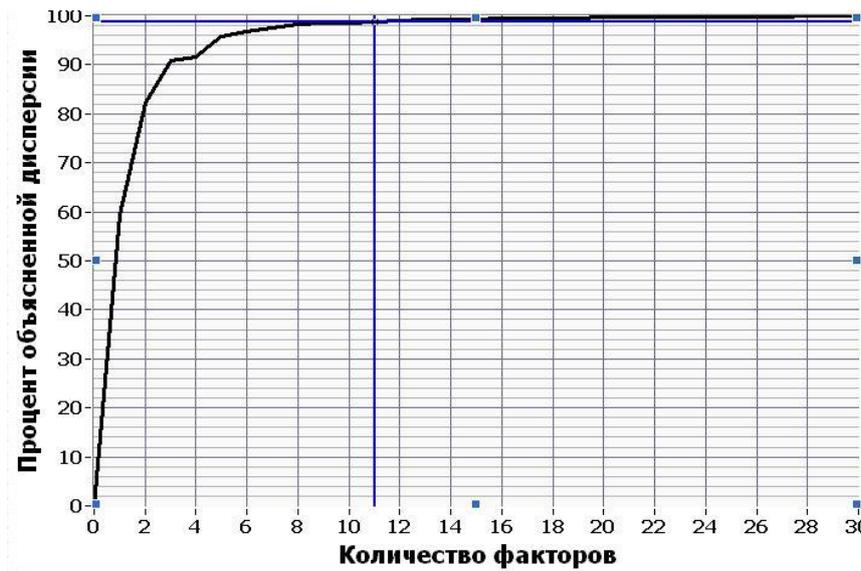


Рисунок 3. Дисперсия в зависимости от числа факторов.

Рассмотрим один из алгоритмов обучения СОК.

Пусть t – номер итерации цикла.

1. Выбираем случайный вектор $\mathbf{x}(t)$ из набора входных значений.
2. Ищем ближайший по весу узел $M_c(t)$, наиболее близкий к входному значению $\mathbf{x}(t)$ (Best Matching Unit (BMU)):

$$\|\mathbf{x}(t) - \mathbf{m}_c(t)\| \leq \|\mathbf{x}(t) - \mathbf{m}_i(t)\|$$

для любого $\mathbf{m}_i(t)$, где $\mathbf{m}_i(t)$ – вектор веса узла $M_i(t)$, $\mathbf{m}_c(t)$ – вектор веса узла $M_c(t)$

В случае, если указанному условию удовлетворяет несколько узлов, то узел-победитель выбирается случайным образом.

3. Этот узел перемещается на заданный шаг по направлению к $\mathbf{x}(t)$. Однако узел перемещается не один, а увлекает за собой определенное число ближайших узлов из некоторой заданной окрестности на карте. Характер движения задается так называемой функцией соседства $h_{ci}(t)$, которая определяет "меру соседства" узлов M_i и M_c и изменение векторов веса.
4. Пересчитывается вектор весов по формуле

$$\mathbf{m}_i(t) = \mathbf{m}_i(t-1) + h_{ci}(t)(\mathbf{x}(t) - \mathbf{m}_i(t-1))$$

5. Алгоритм повторяется заданное число тактов или пока карта не достигнет заданной точности аппроксимации данных. Ошибка карты может быть рассчитана по формуле

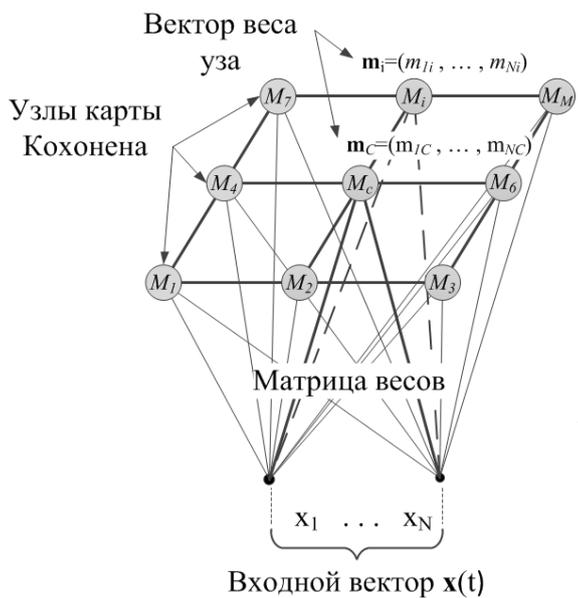
$$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|\mathbf{x}_i - \mathbf{m}_c\|^2}$$

Уже обученная СОК может так же использоваться для восстановления пропущенных данных. При этом точность восстановления (прогнозирования) будет зависеть от числа узлов на карте. Карта с большим числом узлов позволяет квантовать данные точнее, и получается более точная модель нелинейной регрессии.

Точность модели можно повысить, если строить локальные модели по данным из одного кластера с использованием факторного метода описанного во второй главе работы. Каждый кластер содержит точки, которые находятся близко друг к другу в исходном пространстве. Множество линейных моделей полученных в этих областях, в общем, описывают нелинейную модель системы.

Выборка, состоящая из 450 точек была разделена на обучающую и тестовую в соотношении 9:1. Для получения модели была сформирована и обучена сеть Кохонена размерностью 5x4 с прямоугольной сеткой. Ошибка аппроксимации карты составила 4,01. На Рисунке 5 показана диаграмма распределения обучающей выборки по узлам полученной карты. Блок схема алгоритма расчета показателей качества приведена на Рисунке 6.

Затем модель была проверена на тестовой выборке (Рисунок 7) и рассчитаны основные показатели точности моделирования (Таблица 1). Сравнение расчетных данных полученных на основе модели и реальных измерений октанового числа стабильного катализа, гистограмма распределения ошибки и показатели



Входной вектор $x(t)$
 Рисунок 4. Топология самоорганизующихся карт Кохонена

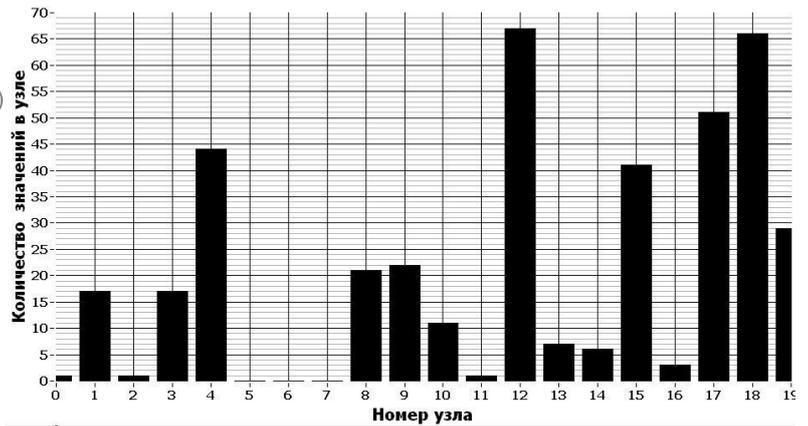


Рисунок 5. Диаграмма распределения обучающей выборки по узлам карты



Рисунок 6. Блок схема алгоритма построения модели на основе карты Кохонена
 точности моделирования, позволяют судить о высокой степени точности модели. Так согласно ГОСТ 511-82 «Два результата испытаний, полученные на двух разных установках, признаются достоверными (с 95 %-ной доверительной вероятностью), если расхождение между ними не превышает 1,6 октановых единиц». Для повышения точности модели можно увеличить число узлов карты Кохонена и увеличить число выборок для обучения карты. Увеличение количества узлов позволит разбить на большее количество кластеров, а

увеличение обучающей выборки в каждой такой области позволит повысить точность факторного анализа.

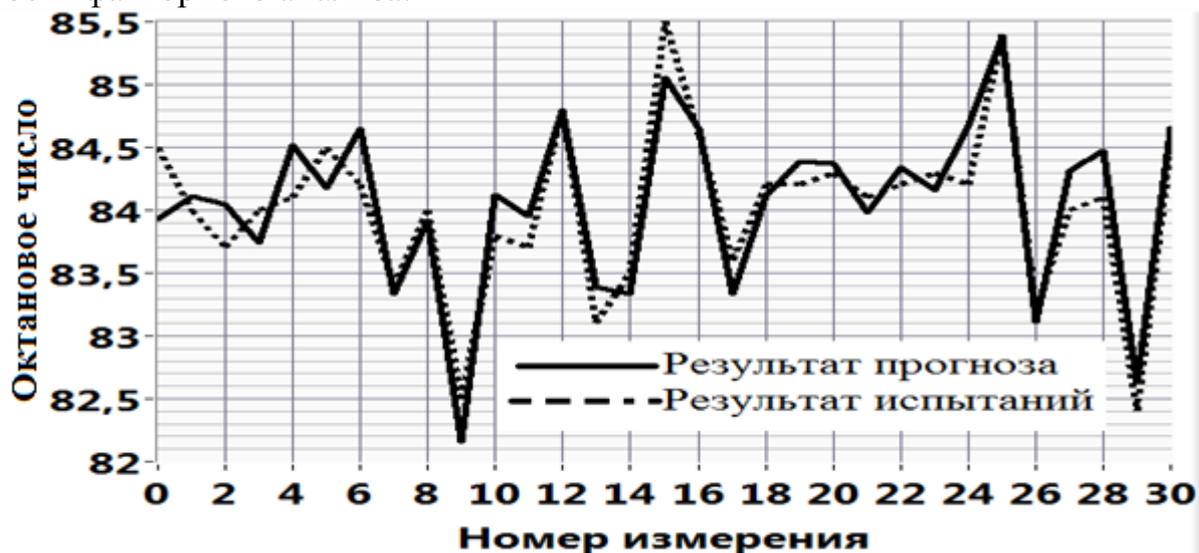


Рисунок 7. Сравнение результатов моделирования и результатов лабораторных испытаний

Таблица 1. Точность моделирования

Показатель	Значение	
	Метод на основе факторных преобразований	Модифицированный метод на основе карт Кохонена
Среднее значение ошибки моделирования	0,04	0
Максимальная абсолютная ошибка	0,77	0,64
Дисперсия ошибки моделирования	0,13	0,1
СКО прогнозов от анализов	0,36	0,32
Корреляция анализов и прогнозов	0,84	0,88

На основе полученной карты Кохонена в системе был реализован режим «совет оператору». Он реализуется путем восстановления пропущенных значений переменных режима при заданных значениях требуемых показателей качества стабильного катализата (см. рисунок 8). Могут быть пропущены как одно или несколько значений параметров технологического режима, так и все значения параметров. Результатом работы модели в режиме «совет оператору» является вектор или набор векторов значений параметров технологического режима. Поэтому для выбора оптимального режима система рассчитывает и выводит для оператора значение выбранного критерия оптимальности. В качестве такого критерия в системе использовался критерий минимальной стоимости продукции.

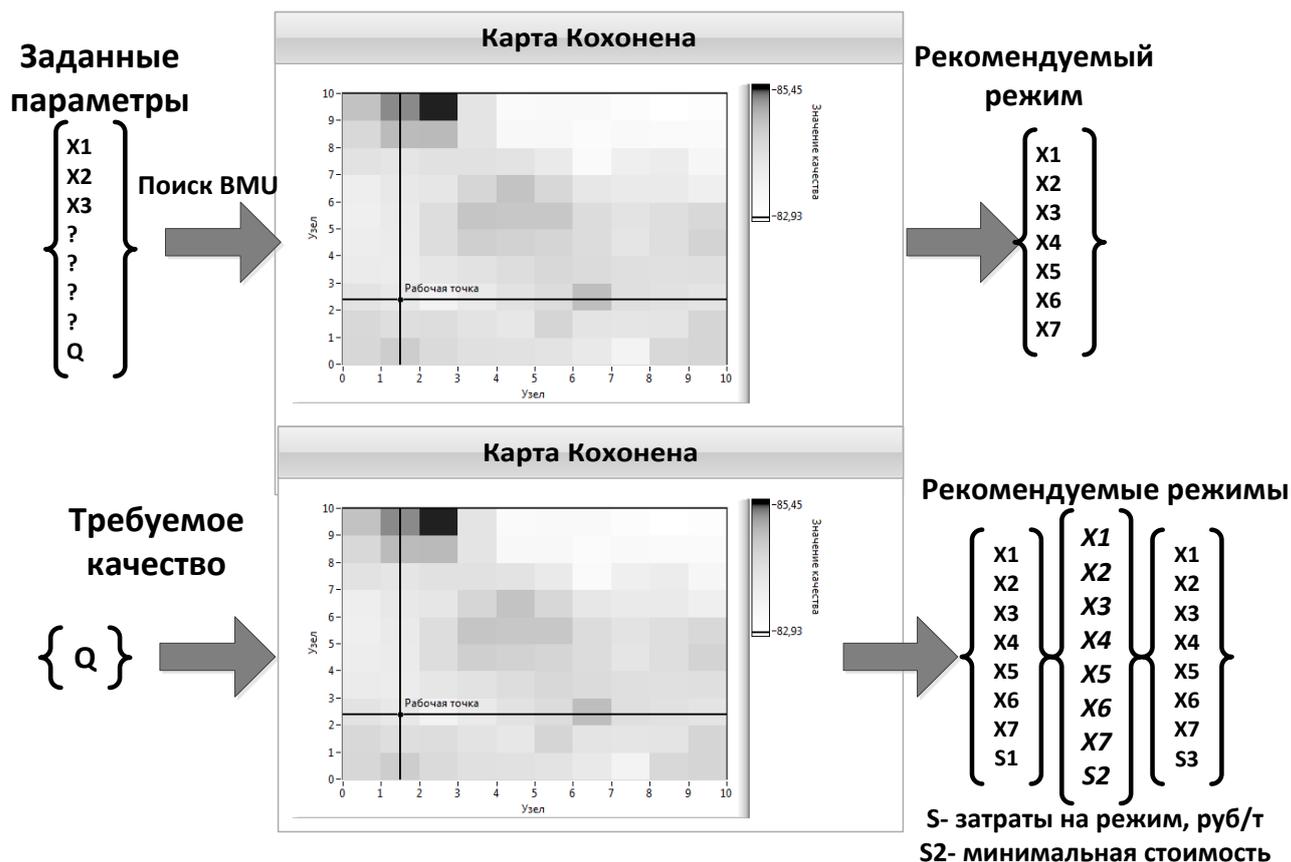


Рисунок 8. Работа системы в режиме «совет оператору»

Как описывалось ранее, исходными данными для построения математических моделей являются значения показаний, периодически получаемые с установленных на объекте датчиков, а также значения анализов показателей качества продукции, выполняемых лабораторными методами. Но получение этих данных связано с рядом проблем. Поэтому в четвертой главе работы рассмотрены основные взаимодействия уровней оперативного управления производством НПЗ и предложен подход, который позволит унифицировать сбор технологических и лабораторных данных для системы моделирования. Подход основан на построении единого информационного пространства предприятия. На основе предложенного метода и алгоритмах построения модели из 2 и 3 главы разработана и реализована система моделирования и управления качеством продукции. Приведена ее структурная схема и подробное описание каждого элемента системы моделирования. Показаны возможности интеграции единого информационного пространства с разработанным программным обеспечением. Даны рекомендации к формам вывода данных для операторов. Разработаны блок-схемы основных процессов для системы моделирования, таких как расчет параметров качества, обновление модели, контроль параметров качества нефтепродуктов службами завода на основе данных получаемых от моделей, создание (удаление) модели. Приведена методика построения модели прогнозирования и контроля качества продукта для технологического процесса каталитического риформинга бензина.

Проанализировав типичное взаимодействие подразделений нефтеперерабатывающего завода при оперативном управлении, были выявлены ряд проблем, основная из которых это плохая совместимость и интегрированность используемых систем.

Выходом из сложившейся ситуации может быть внедрение автоматизированной системы оперативного управления производством АСОУП. В настоящее время лидером в области построения АСОУП для предприятий нефтегазовой отрасли является компания OSISoft с продуктом PI System.

Решение по обеспечению единого, согласованного информационного пространства АСОУП было реализовано путем централизованного сбора, хранения и предоставления технологических данных реального времени. Обобщенная структурная схема приведена на Рисунке 9.

Для сбора и передачи данных от действующих на предприятии АСУТП использовалось стандартное ПО (PI-интерфейсы). Оно позволяет унифицировать программное обеспечение и снизить стоимость информационной системы. Интерфейсы PI обеспечивают двухсторонний обмен данными между PI Server и различными АСУТП, а также с бизнес-системами: SAP R/3, Oracle Application, Maximo, Vaan и др. Центральный сервер системы (PI System) предназначен для того, чтобы аккумулировать все данные реального времени, собранные через интерфейсы с нижнего уровня АСУТП.

Для участков производства не оснащенных современными средствами автоматизации, сбор информации осуществляется с помощью специализированной программы ручного ввода. После оснащения данных участков автоматизированными средствами, программы ручного ввода данных, будут заменяться интерфейсом передачи данных. Ручной ввод данных в систему реализован на продукте I-MLS/PI компании ИндаСофт.

Подсистема предоставления информации обеспечивает представление пользователям информации с помощью мнемосхем, таблиц, трендов и отчетов по всем производственным данным в соответствии с правами доступа. В ходе реализации системы было разработано более 100 мнемосхем 6 различных типов. Графические мнемосхемы, разрабатывались в клиентском приложении PI Process Book. Для отображения мнемосхем использовался продукт PI Active View. Так же разработанные мнемосхемы были внедрены в веб-страницы, написанные на языке HTML, для интеграции с любым web-сайтом.

Программное приложение Data Link обеспечивает связь между архивами PI System и позволяет пользователю извлекать информацию непосредственно в Microsoft Excel. Для генерации отчетов по запросу клиентов использовался «Сервер отчетов» (I-ReportServer (I-RS)) от компании ИндаСофт.

Программный продукт состоит из серверного и клиентского модулей, а также программы администрирования. Серверный модуль обеспечивает генерацию отчетов на основе шаблонов, разработанных в Excel с использованием функций PI Data Link, макросов и программ на VBA. Генерация отчетов производится по запросу пользователей или по расписанию, а клиент получает отчет в виде HTML-файла.

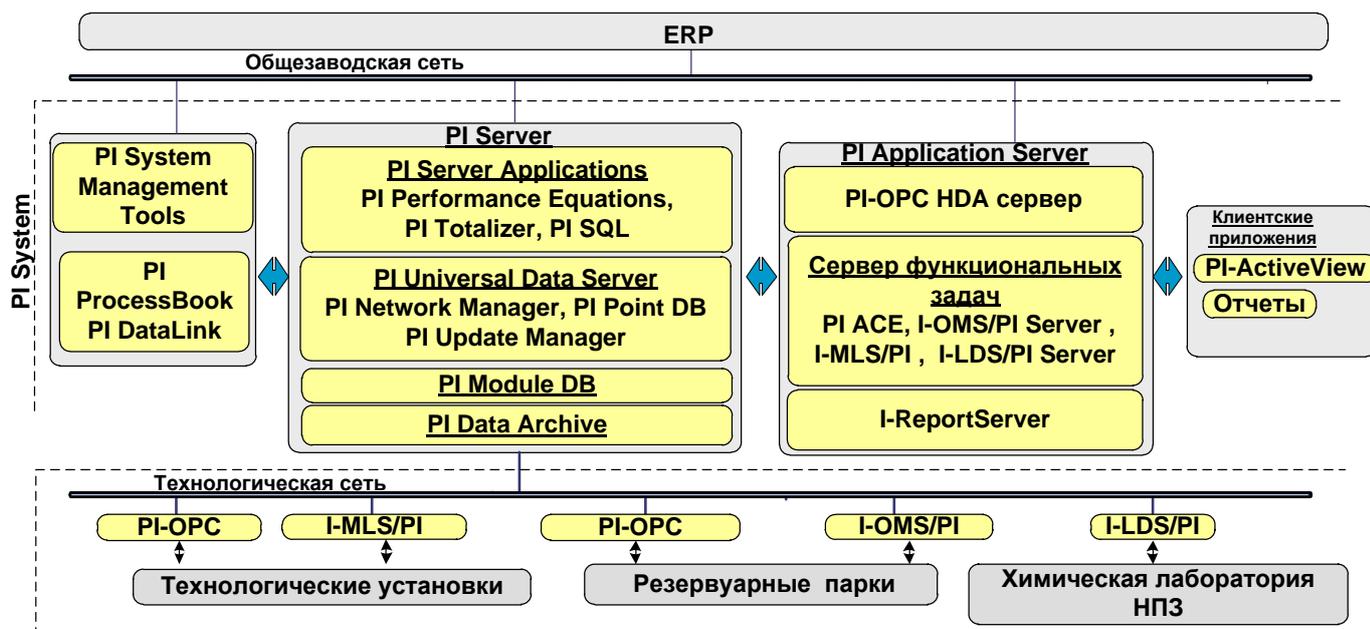


Рисунок 9. Обобщенная структурная схема внедренной системы АСОУП

Для реализации различных вспомогательных расчетов в системе использовался PI Advanced Computing Engine (ACE). В рамках внедрения системы были реализованы расчеты для вычисления наработки оборудования, расчета накопительных значений, пересчета плотностей при различных температурах, расчета масс в резервуарах, расчеты мгновенного и суточного массового расхода на установках.

Внедрение единого информационного пространства позволило хранить лабораторные и технологические данные в единой базе и организовать быстрый доступ к ним. Но высокая загруженность заводской лаборатории не позволяет проводить анализы чаще, чем несколько раз в сутки. Выходом из сложившейся ситуации может стать построение системы моделирования качества продукции на основе данных АСОУП. Благодаря широкому распространению PI System на НПЗ, предложенный подход может быть применен в таких фирмах, как ТНК-ВР, Лукойл, Сибур, Роснефть и др. Наличие большого числа инструментов программного взаимодействия с PI System позволяет разрабатывать свое программное обеспечение (ПО) для построения моделей или использовать встроенные вычислительные средства.

На Рисунке 10 представлена схема взаимодействия уровней оперативного управления НПЗ и разработанной системы моделирования качества продукции. Центральным звеном является PI Server, который выступает в роли единого информационного пространства. Лабораторные данные и данные АСУТП собираются и архивируются в нем. Далее на основе исторических данных показателей качества и синхронизированных с ними по времени отбора пробы значениям параметров режима система моделирования строит модель качества технологического процесса. Модель представляет собой математическую зависимость качества получаемого продукта от режимов технологического

процесса. Перерасчет модели проводится каждый раз при поступлении нового лабораторного анализа для данной установки. По полученной модели на основе текущих данных по режиму установки рассчитывается качество получаемого продукта и передается в PI Server, откуда с помощью подсистемы предоставления информации становится доступной для операторов установок. Интеграция разработанной системы моделирования и PI System происходит за счет PI SDK (Software Development Kit) – набор инструментов программирования, обеспечивающих доступ к PI-серверам и связанным с ними подсистемам.

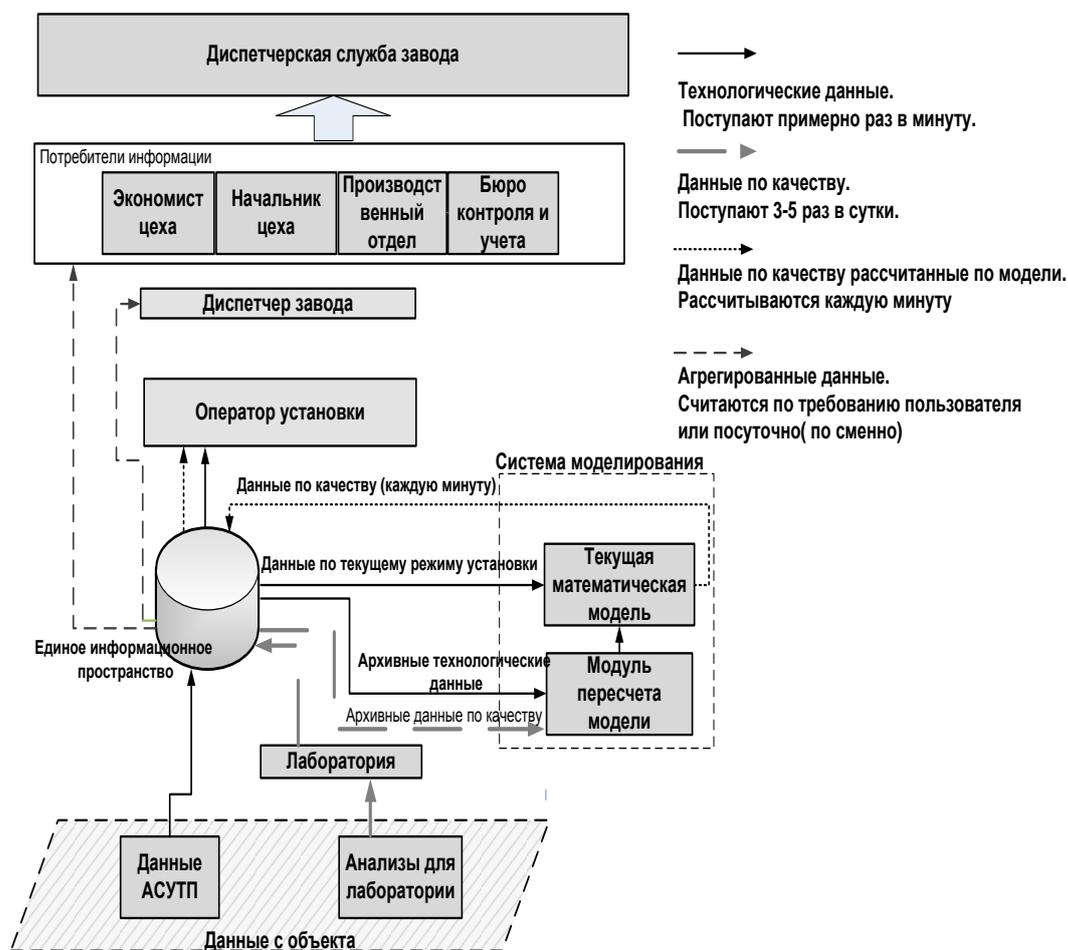


Рисунок 10. Система моделирования на основе данных единого информационного пространства.

На основе разработанных алгоритмов и принципов в среде графического программирования LabVIEW создан программный комплекс для расчета показателей качества продукции в режиме реального времени. Комплекс основан на клиент-серверной архитектуре и состоит из пяти функциональных подсистем:

1. PI сервер – сбор и хранение технологических параметров и данных по качеству нефтепродуктов.
2. АРМ Конфигурирования – автоматизированное рабочее место для разработки и тестирования модели. Входящая в его состав база данных моделей предназначена для локального хранения ранее разработанных пользователем моделей. Она содержит в себе все необходимые данные

(структуру модели, свойства тегов, числовые значения тегов) для работы с уже разработанными моделями без доступа к PI серверу. Это позволяет избежать многократного обращения к PI серверу и дает возможность отлаживать модель, не имея подключения к информационной сети предприятия.

3. Сервер моделирования – on-line вычисления параметров качества, на основе технологических и лабораторных данных. Сбор необходимых данных из PI сервера. Перерасчет модели. Выдача результатов в PI сервер.
4. АРМ Администратора – управление сервером моделирования. Запуск и остановка расчетов. Отслеживание ошибок.
5. АРМ Пользователя – подсистема отображения информации. Визуализация данных выполняется в виде таблиц, графиков и гистограмм.

В режиме «совет оператору» система выдает рекомендации по возможным режимам ведения процесса с учетом требуемого качества стабильного катализата. Для каждого рекомендуемого режима так же рассчитываются материальные затраты на производство (сумма произведений расходов получаемых нефтепродуктов на их стоимости за 1 тонну).

На основе разработанной системы, операторы установок получают возможность проанализировать причины изменения качества за заданный промежуток времени и в соответствии с этим оперативно предпринимать соответствующие действия по компенсации возмущений. Руководство завода получает возможность оперативно отслеживать изменения в качестве отбираемых нефтепродуктов, контролировать величину и продолжительность нарушений, если они имели место.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Разработан и реализован модифицированный алгоритм построения нелинейной модели управления на основе самоорганизующихся карт Кохонена и факторных преобразований;
2. Предложена методика построения системы контроля и прогнозирования качества продукта для технологического процесса каталитического риформинга бензина;
3. Предложены и реализованы программно-алгоритмические решения, обеспечивающие совместимость и интеграцию различных SCADA систем, LIMS, PI System и графической среды программирования LabVIEW;
4. Предложен метод синтеза специального математического обеспечения и пакета прикладных программ для прогнозирования качества нефтепродуктов на базе среды графического программирования LabVIEW;
5. Предложены методы эффективной организации информационного и программного обеспечения АСОУП на базе единого информационного пространства предприятия;

6. На основе современных средств и методов промышленной технологии создания АСУП на нефтеперерабатывающем заводе разработана и внедрена АСОУП;
7. Создана информационная подсистема контроля показателей качества продукции нефтеперерабатывающего завода. Разработаны формы представления информации для операторов. Сформулированы основные функции, которыми должен обладать АРМ оператора. Разработаны основные процессы работы с моделью;
8. Разработанные алгоритмы и программное обеспечение используются в системе мониторинга и управления качеством продукции. Их эффективность подтверждается результатами опытно-промышленной эксплуатации. Методы и алгоритмы, предложенные в работе, используются в ряде проектов на предприятиях: ОАО «СИБУР-Нефтехим», ЗАО «Тольятисинтез». Разработанное программное обеспечение принято Заказчиком и рекомендовано к внедрению на ЗАО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях рекомендованных ВАК РФ:

1. Рылов, М.А., Построение модели качества продукции на основе данных единого информационного пространства предприятия / М.А. Рылов, А.Э. Софиев // Приборы. – 2012. – №10. – С. 23-29.
2. Рылов, М.А. Интеграция PI System и Labview / М.А. Рылов, А.Э. Софиев // Известия МГТУ «МАМИ», – М. : МГТУ «МАМИ». – № 1(15). – 2013. – т. 4. – С. 155-160.
3. Рылов, М.А. Модель качества стабильного катализата на установке каталитического риформинга бензина / М.А. Рылов, А.Э. Софиев // Известия МГТУ «МАМИ», – М. : МГТУ «МАМИ». – № 1(15), –2013. –т. 4. – С.160-165.
4. Рылов, М.А. Синтез виртуальных анализаторов нефтепродуктов на основе самоорганизующихся карт Кохонена / М.А. Рылов, А.Э. Софиев // Мехатроника, автоматизация, управление. –2013. – №12. – С. 23-28.

Публикации в других изданиях:

5. Рылов, М.А. Программный комплекс для мониторинга и расчета показателей качества продукции в темпе с технологическим процессом // Сборник трудов 10 Международной научно-практической конференции «Инженерные, научные и образовательные приложения на базе технологий National Instruments - 2011» (Москва 8-9 декабря 2011г.) : труды. – М.: ДМК-пресс, – 2011. – С. 220-221.
6. Рылов, М.А. Обзор систем усовершенствованного управления технологическими процессами [Электронный ресурс]. / Электронный журнал «Исследовано в России». – 2013. – 008. – С. 120-130. – Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2013/008.pdf>. Дата обращения: 25.04.2014.