

Опыт автоматизации процесса олигомеризации олефиносодержащих газов

Владислав Дубинский, Николай Белюченко

Рассматриваются проблемы создания АСУ ТП на установке получения компонента моторного топлива. Созданная на основе современных микропроцессорных средств система обеспечивает высокоэффективную эксплуатацию установки.

ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ

Объектом автоматизации является установка переработки олефинов в высокооктановый компонент бензина на основе принципиально новой прогрессивной технологической схемы, разработанной «САПР-Нефтехим» (Москва).

Процесс конверсии отходящих олефиносодержащих газов каталитического крекинга в компонент моторного топлива внедрен на Мажейкяйском АО «Нафта» (Литва) на базе реконструированной секции гидроочистки керосина и газофракционной установки (ГФУ) ЛК6У. В объеме реконструкции выполнено строительство нового реакторного блока (рис. 1), состоящего из двух реакторов и системы регенерации катализатора.

Реакторы работают попеременно, то есть один пребывает в цикле реакции, а другой — в цикле регенерации или в резерве. Когда катализатор теряет активность, реактор переводится в цикл регенерации, а в цикл реакции переключается реактор с отрегенированным катализатором.

Кроме этих аппаратов, в составе установки ЛК6У для осуществления процесса риформинга газов было использовано оборудование, эксплуатировавшееся ранее: емкости для приема сырья, рекуперативные теплообменные аппараты для предвари-

тельного подогрева сырья и рециркулянта теплом катализатора из реактора, компрессоры азото-воздушной смеси, насосное оборудование и т.п.

В процессе реакции выделяется тепло. Поэтому температура потока реакционной смеси, выходящей из слоя катализатора, выше, чем входящей. Для снижения температуры потока реакционной смеси, входящей в слой катализатора, в трубки теплообменников подается водяной пар, а в распределите-

ли, расположенные после теплообменников, — квенч (это компонент сырья, поступающий в газообразном состоянии в распределители реакторов для регулирования их температурного режима и последующего использования в процессе реакции).

Рост температуры в реакторе увеличивает скорость протекания как основных, так и побочных реакций процесса, изменяя качество получаемых продуктов. Повышение температуры процесса сверх оптимальной при одной и той же активности катализатора сопровождается уменьшением выхода продукта и увеличением выхода парафинов и ароматики в получаемом продукте. Температура является основным параметром, используемым для компенсации падения активности катализатора в течение 14-18 суток работы реактора в цикле синтеза.

Температурный режим в реакторе поддерживается изменением температуры сырья, поступающего в реактор из печи, управлением теплосъемом избыточного тепла на трех паровых ребойлерах, а также изменением режима подачи квенча в реактор по четырем впрыскам. Для контроля процесса конверсии в четырех катализаторных слоях и между этими слоями предусмотрено размещение свыше 65 термодатчиков и 8 датчиков расхода, информация с которых одновременно используется при формирова-



Рис. 1. Реакторный блок установки ЛК6У

нии семи управляющих воздействий в реакторе.

Взаимовлияние большого количества параметров в реакторе в условиях значительного экзотермического эффекта процесса конверсии потребовало нетрадиционного подхода к управлению. В качестве критерия управления реактором принято соотношение температур и их перепадов на катализаторных слоях, косвенно влияющих на выход продукта. В основу алгоритма управления был положен поисковый принцип управления перераспределением температур в реакторе, при котором обеспечивается выравнивание температур газопродуктовой смеси на входе в каждый из катализаторных слоев и стабилизация перепадов температур на слоях.

Не менее проблематичной была задача управления реакторами в цикле регенерации. Для восстановления активности катализаторов периодически осуществляют процесс выжигания в кислородсодержащей среде кокса, образовавшегося на катализаторе в процессе реакции. Это позволяет увеличить продолжительность работы катализатора.

Из других разработанных алгоритмов управления представляют интерес:

- принципы управления температурным режимом печей, одна из которых использует для подогрева сырья топливный газ и мазут; при этом предусмотрено преимущественное использование топливного газа при минимальном расходе мазута, а также автоматический вывод печей на рабочий режим и их охлаждение с учетом заданных оператором скоростей;
- алгоритм управления температурным режимом в печи, обеспечивающей нагрев газосырьевой смеси до температуры, компенсирующей снижение активности катализатора в первом слое;
- алгоритм расчета по текущим параметрам процесса регенерации задания по расходу сдувки, обеспечивающего поддержание заданного количества окиси углерода в реакторе;
- алгоритм автоматического увеличения с заданной скоростью подачи рециркулянта и сырья в реактор при сохранении требуемого соотношения их расходов либо только увеличение подачи сырья до достижения заданной нагрузки на реактор — в зависимости от режима работы.

Очевидно, что только использование средств микропроцессорного управления могло обеспечить высокоэффективное решение указанных задач совершенствования производства компонентов моторного топлива.

Важный аспект разработанной автоматизированной системы управления технологическим процессом состоит в том, что ее программное обеспечение позволило одновременно с отладкой и настройкой системы управления обеспечить исследование сложных взаимосвязей параметров в процессе каталитической конверсии олефинов. Усовершенствования технологической схемы требовали частой корректировки алгоритмов управления и системы отображения. Это стало возможным, благодаря использованию разработанного НТФ «Инкотех» пакета программирования VISA3.1.

НАЗНАЧЕНИЕ И ФУНКЦИИ АСУ ТП

АСУ ТП «Олигомеризация» предназначена для реализации функций оперативного контроля, учета, анализа и управления технологическими процессами установки риформинга газов. Она обеспечивает автоматизированный и автоматический режимы работы оборудования, улучшает информационное обеспечение оперативного и руководящего персонала. Далее перечислены основные функции, реализуемые АСУ ТП.

- Первичный сбор и контроль технологических параметров.
- Отображение на экране рабочей станции информации о ходе технологического процесса, значениях параметров и состоянии оборудования.
- Предоставление по каждому контуру регулирования полной информации, включающей значения параметра, задания и управляющего воздействия, шкалу прибора, единицы измерения, аварийные и предаварийные границы.
- Изменение режима работы и задания контурам регулирования.
- Автоматическое регулирование технологических параметров в соответствии с регламентными требованиями.
- Дистанционное управление аналоговыми и позиционными исполнительными механизмами: клапанами, задвижками, отсекающими, насосами и компрессорами.

- Вывод информации об исполнении команды управления электрооборудованием: насосами и компрессорами, электродвигателями и отсекающими.
- Вывод информации о параметрах и управляющих воздействиях в виде трендов и графиков с возможностью печати и изменения масштаба.
- Регистрация и оповещение об отклонениях технологических параметров за предаварийные и аварийные границы.
- Противоаварийная защита оборудования.
- Фиксация действий оператора при работе с системой.
- Архивация аналоговых и дискретных технологических параметров, заданий и величин управляющих воздействий.
- Регистрация сообщений, формируемых программами управления и системой противоаварийной защиты, с возможностью их вывода на печать.
- Формирование сменных рапортов оператора и балансовых отчетов с выводом на печать.
- Фиксация и оповещение о нарушении связи с контроллерами и обрыве измерительного канала с указанием неисправного датчика.
- Диагностирование системы на всех уровнях.
- Изменение настроек контуров регулирования.
- Аналитический контроль показателей производства.
- Ведение таблиц лабораторных анализов технологических потоков.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ И ЕЕ ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

На выбор технических средств оказали влияние следующие особенности объекта управления:

- территориальная распределенность объекта управления;
 - необходимость использования различных алгоритмов управления высокого уровня сложности;
 - большое количество температурных датчиков в реакторах;
 - высокий уровень промышленных помех;
 - использование существующих приборов с пневматическими сигналами.
- Кроме того, в начальный период промышленной эксплуатации установки вносились изменения в алгоритмы управления и аппаратное оснащение, обусловленные усовершенствованием

технологической схемы процесса. Количество сигналов выросло примерно на 25% против заложенных в проекте изначально. Количественные характеристики и типы используемых модулей для приема/выдачи сигналов (модулей УСО) приведены в табл. 1.

АСУ ТП «Олигомеризация» реализована в виде двухуровневой распределенной системы со следующим группированием выполняемых функций:

- отображение и архивирование информации — верхний уровень;
- сбор/обработка информации и управление технологическим процессом, система противоаварийной защиты — нижний уровень.

Структурная схема АСУ ТП «Олигомеризация» приведена на рис. 2.

Технические средства верхнего уровня включают три взаимозаменяемые рабочие станции оперативного управления и сервер.

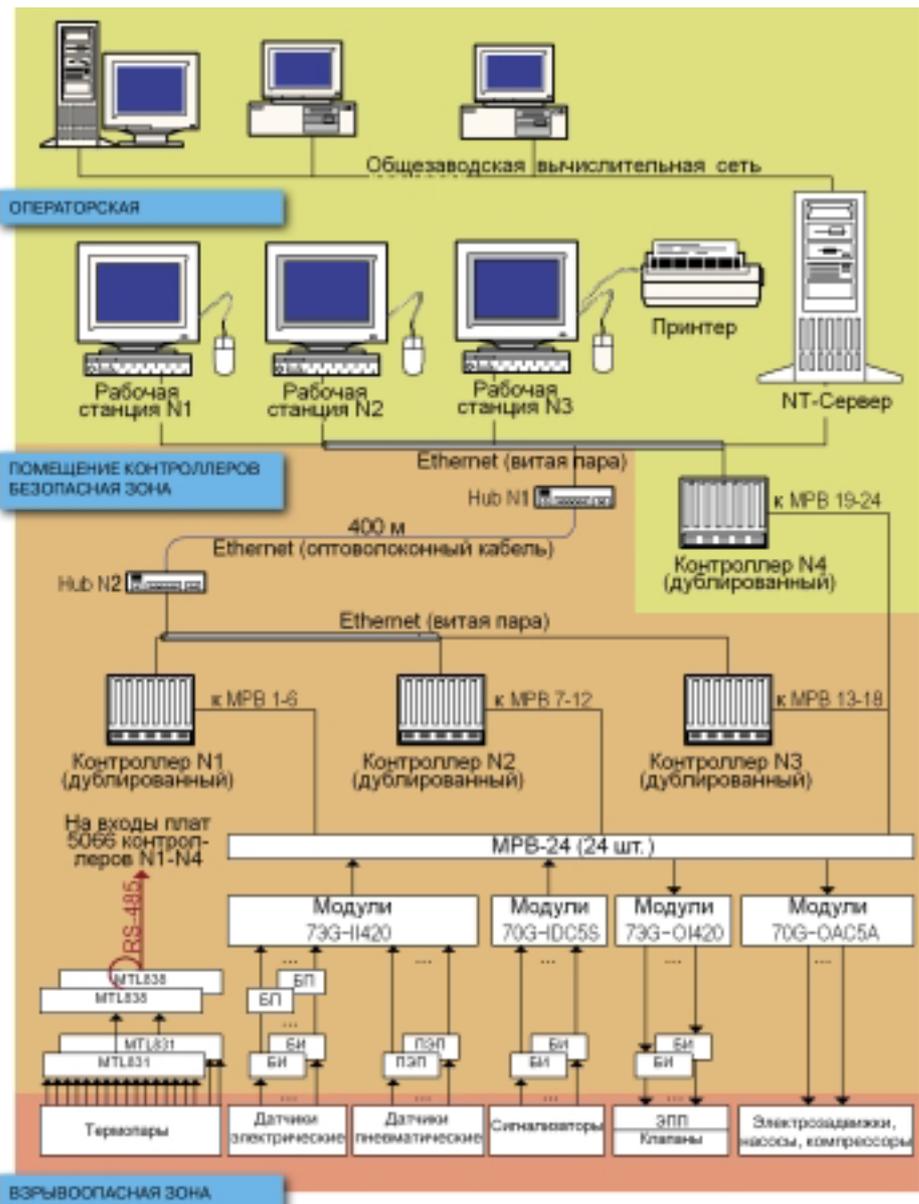
В качестве рабочих станций используются ПЭВМ, оснащенные 21-дюймовыми мониторами.

Сервер служит для ведения базы данных показателей производства и ее архивирования. Кроме того, он является мостом для выхода в общезаводскую вычислительную сеть. Это позволяет подключать неограниченное количество рабочих мест контроля технологического процесса.

Технические средства нижнего уровня реализованы на базе программируемых промышленных контроллеров MicroPC фирмы Octagon Systems. При их выборе учитывалось, что система управления распределена территориально и должна обеспечивать повышенную надежность при управлении

Таблица 1. Типы сигналов и используемые модули УСО

Тип сигнала	Тип модуля УСО	Количество сигналов
Входные аналоговые сигналы 4–20 мА	73G-II420	115
Входные сигналы от термопар ХА и ХК	MTL831	186
Входные интерфейсные каналы RS-485	—	10
Входные дискретные сигналы типа «сухой» контакт	70G-IDC55	100
Выходные аналоговые сигналы 4–20 мА для управления регулирующими клапанами и интеллектуальными электроздвижками	73G-OI420	69
Выходные дискретные сигналы для управления отсекающими, задвижками, насосами и компрессорами	70G-OAC5A	62
Всего		542



Условные обозначения:

- БП — блок питания;
- БИ — барьер искрозащиты;
- ПЭП — пневмоэлектропреобразователь;
- ЭПП — электропневмопозиционер;
- МРВ — монтажные платы

Рис. 2. Структурная схема АСУ ТП

взрывоопасным производством. Для повышения живучести системы управления было предусмотрено аппаратное и программное резервирование (дублирование) отдельных компонентов: процессорной и сетевой плат каждого контроллера — по схеме, приведенной на рис. 3.

Каждый контроллер содержит в своем составе два каркаса 5276-RM с блоком питания, процессорной платой 5066, сетевой платой 5500 и платой VUFM расширения ISA-шины, которая связана гибким шлейфом с арбитражной шиной SL2, установленным в кар-

касе УСО, содержащем платы ввода-вывода 5648. Каждая интерфейсная плата 5648 обеспечивает прием/выдачу до 48 сигналов на модули УСО, установленные на монтажных платах МРВ-24. УСО выполнены на основе одноканальных модулей приема и выдачи сигналов аналогового и дискретного типов с гальванической развязкой серии 70G и 73G фирмы Grayhill. Для приема сигналов от термопар типа ХА и ХК в системе использованы 16-канальные мультиплексоры MTL831, которые подключены через адаптер MTL838 ModBus к COM2-портам процессорных плат. По всем каналам приема/выдачи предусмотрены индивидуальные и групповые (для мультиплексоров) барьеры искрозащиты для связи с датчиками и исполнительными механизмами, расположенными во взрывоопасных зонах.

Для экономии капитальных затрат на первом этапе внедрения АСУ ТП

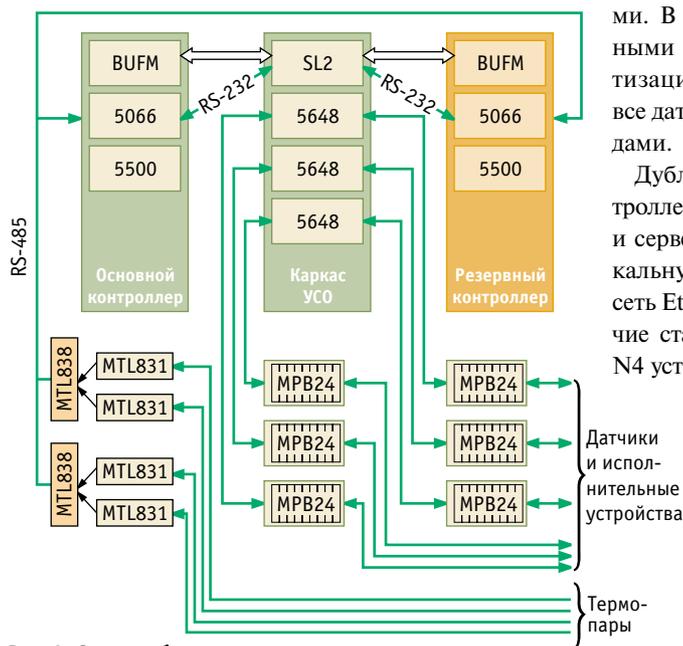


Рис. 3. Схема дублирования контроллера

было принято решение использовать ранее установленные на технологических аппаратах датчики и исполнительные механизмы преимущественно пневматической ветви ГСП (государственной системы приборов). Поэтому для ввода информации с этих датчиков в контроллеры были использованы пневмоэлектропреобразователи сигналов в токовые сигналы 4-20 мА типа MBS 33 фирмы Danfoss, а для управления исполнительными механизмами применены электропневмопозиционеры фирмы Fisher-Rosemount.

На вновь смонтированном оборудовании были установлены датчики расхода, давления и уровня с токовым выходом 4-20 мА и исполнительные механизмы с электропневмопозиционера-

ми. В дальнейшем подобными средствами автоматизации были заменены все датчики с пневмовыходами.

Дублированные контроллеры, рабочие станции и сервер объединены в локальную вычислительную сеть Ethernet. Сервер, рабочие станции и контроллер N4 установлены в техни-

ческом помещении ЦПУ (в операторской). Контроллер N4 предназначен, в основном, для приема/выдачи сигналов, поступающих от пневмоэлектропреобразователей

сигналов с пневмодатчиков вспомогательного оборудования.

Сервер, рабочие станции и контроллер N4 образуют группу абонентов, подключенных витой парой к концентратору Hub N1. Для уменьшения длин линий связи остальные три контроллера расположены в непосредственной близости к объектам управления — реакторам и печам — в специально отведенном необслуживаемом помещении возле дымовой трубы. Для удобства обслуживания контроллеры N1 и N2 закреплены соответственно за реакторами №1 и №2, обеспечивая их управление в режиме синтеза и регенерации. Кроме того, каждый из этих контроллеров связан с 9 интеллектуальными задвижками аналогового действия, а также 28 электрозадвижками и отсека-



Шкафы с оборудованием нижнего уровня

телями для управления переключением реакторов из режима синтеза в режим регенерации и наоборот. Контроллер N3 закреплен за печами, одна из которых обеспечивает подогрев сырья и рецикла, поступающих в реакторы, а вторая — для подогрева азото-воздушной смеси, используемой при регенерации реактора.

Контроллеры N1-N3 находятся на расстоянии 400 м от операторской и образуют группу абонентов, подключенных к концентратору Hub2 N2.

Для исключения влияния электромагнитных помех при передаче сигнала от удаленных контроллеров концентраторы через конвертеры соединены оптоволоконным кабелем.

Скорость передачи данных в сети — до 10 Мбит/с. Реальный трафик в сети не превышает 0,5 Мбит/с при обновлении данных на экранах рабочих станций с частотой 0,5 с.



Рабочее место оператора

Гарантия доставки пакетов данных между абонентами сети обеспечивает-

ся на уровне сетевого протокола.

Питание всех средств автоматизации (рабочих станций, сервера, контроллеров, датчиков и исполнительных механизмов) осуществляется от источников бесперебойного питания, обеспечивающих при обесточивании двух фидеров питания работу системы в течение 30 минут.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для разработки программ управления и системы отображения информации использовался пакет программных средств VISA3.1, разработанный НТФ «Инкотех». Функции сбора данных с объекта, управления параметрами в соответствии с законами регулирования и программно-логического управления реализованы в программах управления контроллерами. Пакет VISA3.1 включает в себя

- язык технологического программирования;
- отладчик;
- систему подготовки рапортов;
- DDE/fastDDE-сервер;
- диспетчер реального времени;
- систему отображения и средства ее разработки.

Язык технологического программирования включает обширную библиотеку алгоритмов, реализующих типовые законы регулирования, а также набор функциональных блоков, ориентированных на вариантное управление электродвигателями, насосами, отсекающими и др. Кроме того, в пакете предусмотрена возможность наработки дополнительных функций, отвечающих специфике решаемых задач.

Для отладки программ управления в пакете имеется развитая система инструментальных средств отладки (с точками фиксации, останова, условными остановами, окнами просмотра значений переменных и настроек алгоритмов управления, возможностью изменения и блокирования переменных и др.). Отладка может выполняться в двух режимах: непрерывном и пошаговом.

DDE/fastDDE-сервер является связующим звеном между контроллерами и системой отображения.

Диспетчер реального времени является программным ядром, обеспечивающим функционирование контроллера в режиме управления и выполняющим задачи:

- циклического опроса модулей УСО и выдачи сигналов управления,
- первичной обработки информации,
- циклического запуска программ управления,
- обмена информацией по сети с другими контроллерами и рабочими станциями,
- поддержки функций удаленной отладки,
- сохранения состояния технологического процесса для обеспечения безударности рестарта системы и восстановления данных.

Диспетчер реального времени является надстройкой над базовой операционной системой MS-DOS, поставляемой с контроллерами. Поддержку сетевых функций системы обеспечивает операционная система Novell Netware NWLite.

В дальнейшем наработанные принципы представления информации были адаптированы к системе отображения на базе SCADA-пакета InTouch 6.0.

Но при этом по просьбе завода нами были реализованы функции, разработанные на основе пакета VISA3.1 и отсутствующие в пакете InTouch. В частности, была предусмотрена возможность ввода, сохранения, просмотра и печати больших массивов данных в табличной форме. Подобные формы потребовалось разрабатывать дополнительно с применением электронных таблиц MS Excel. Встроенная система разработки и сбора рапортов позволяет формировать отчеты любого уровня сложности (мгновенные, средние, интегральные и др. значения). Так как в InTouch отсутствует собственная система ведения рапортов, были дополнительно разработаны средства взаимодействия рапортов системы VISA и системы отображения InTouch.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

В технологической схеме работы установки выделены стадии производства, по которым подготовлены соответствующие фрагменты. При этом целостность восприятия всего объекта не теряется. Информацию о ходе технологического процесса операторы получают в описанных далее формах.

- Фрагменты стадий с указанием текущих значений параметров, режимов работы контуров управления, состояния насосов, компрессоров, отсечной арматуры и др.

Каждый объект контроля или управления, представленный в фрагменте, может быть вызван на панель управления для получения более детальной информации, например значений регламентных и аварийных границ параметра, состояния блокировки датчика, коэффициентов алгоритма регулирова-

ния и т.д. Примеры панелей управления приведены на рис. 4.

Взаимодействие оператора с системой отображения организовано с помощью мыши и функциональной клавиатуры, которая исключает ошибочные действия оператора. Пример фрагмента стадии нагрева сырья приведен на рис. 5.

- Графики и тренды (рис. 6). Построение графиков возможно как для аналоговых, так и для дискретных сигналов за любой промежуток времени, для которого в системе имеются архивные данные. Одновременно может быть просмотрено до 8 графиков. При этом часто просматриваемые параметры можно объединять в группы быстрого вызова. Количество групп (до 10) определено заказчиком и может быть неограниченно увеличено. При построении графиков оператор имеет возможность изменять их внешний вид: задавать интервал времени для отображения, масштабировать как по времени, так и по шкале датчика, изменять количество одновременно отображаемых кривых на одном графике, а также выполнять их печать. Точное значение параметра в любой момент времени определяется путем перемещения временного указателя по оси времени.

- Рапорты включают в себя сменные отчеты оператора и материальный баланс установки. Сменный отчет выводится на печать и сохраняется на диске рабочей станции по окончании смены. Отчет содержит в себе среднечасовые показания по 136 параметрам, сгруппированным по стадиям производства. Рапорт материального баланса печатается и сохраняется на диске ежедневно, и содержит информацию об интегральных расходах 15 материальных потоков установки за прошедшие сутки,

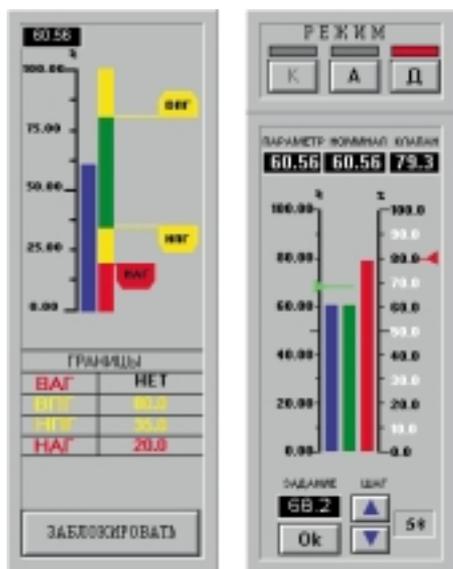


Рис. 4. Примеры панелей управления

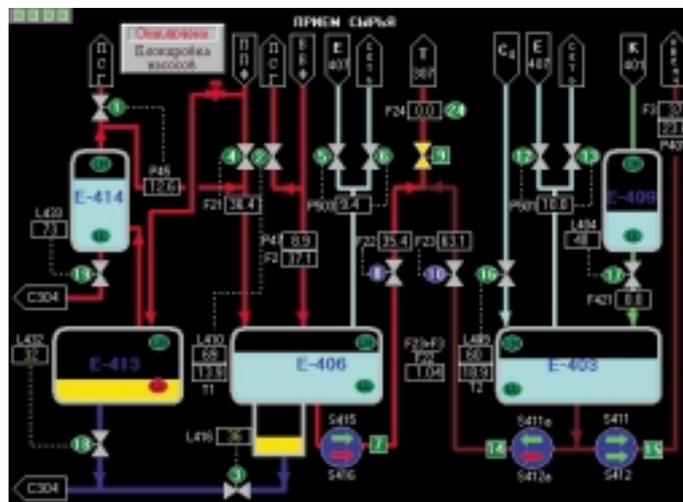


Рис. 5. Фрагмент стадии нагрева сырья

текущий час и текущие сутки. Кроме автоматической печати, существует возможность вывода на печать любого рапорта, в том числе и архивного, по инициативе оператора.

- Сообщения — протокол событий.

Существует четыре уровня приоритетов сообщений: аварийные, предаварийные, технологические и действия оператора. Перемещение по сообщениям возможно как построчно, так и постранично с фильтрацией по типу сообщения и выбором сообщений по заданному критерию. Каждое появление аварийного или предаварийного сообщения сопровождается звуковой сигнализацией и требует индивидуального квитирования.

- Эпюры — форма обобщенного представления информации о температурном режиме реакторов по данным от 135 датчиков температуры.

● Таблицы лабораторных анализов (рис. 7). Заводской лабораторией ежедневно выполняется анализ всех основных материальных потоков установки. Результаты анализа регистрируются в таблицах лабораторных анализов в формате книги Excel. Это позволяет в дальнейшем выполнять анализ больших массивов данных за длительный промежуток времени и использовать их при выборе режима работы установки.

Для исключения несанкционированного доступа к управлению технологическим процессом в системе принято три уровня доступа (уровни и их количество определены заказчиком и могут быть легко изменены с учетом новых условий):

- «Гость» обладает всеми функциями просмотра процесса, с этим уровнем доступа работают удаленные абоненты;
- «Оператор» — доступ к управлению технологическим процессом, изменению режимов работы и задания контуров, управлению исполнительными механизмами;
- «Инженер» — полный доступ к системе и ее настройкам.

Объектами дистанционного управления являются исполнительные механизмы аналогового и позиционного действия. Дистанционное управление осуще-

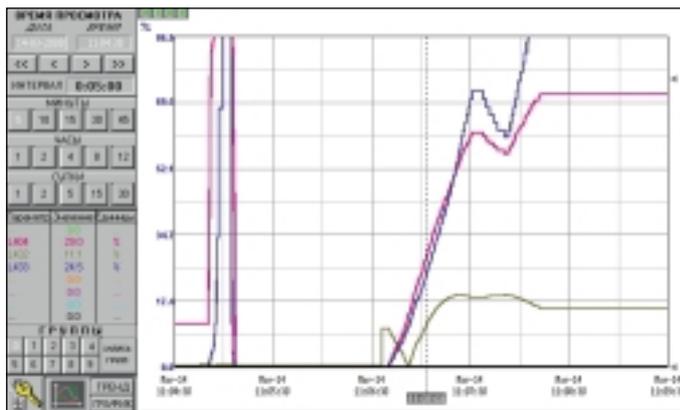


Рис. 6. Окно графиков и трендов

вляется с помощью клавиатуры или мыши после перевода исполнительного механизма в соответствующий режим.

Для регулирующих клапанов и аналоговых электроздвижек, кроме степени открытия, возможно задавать величину шага изменения управляющего воздействия.

При переводе контуров регулирования в автоматический режим управление исполнительным механизмом выполняется по алгоритмам, заложенным в программе управления. Для аналоговых контуров регулирования, задание которым рассчитывается программно

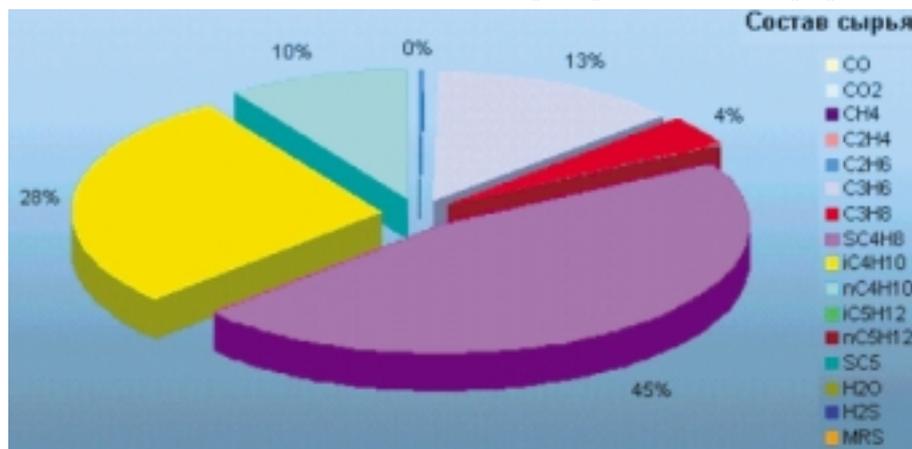


Рис. 7. Фрагмент данных таблицы лабораторных анализов

или является выходом другого контура, предусмотрен каскадный режим работы. При изменении режимов работы контуров обеспечивается безударность перехода.

Система противоаварийной защиты предусматривает комплекс мер по переводу технологического объекта в безопасное состояние с целью предотвращения развития аварийной ситуации. Для повышения надежности работы системы защиты предусмотрен преимущественно мажоритарный принцип обнаружения нарушения. Система защиты выполняет анализ ответственных параметров процесса и отключение оборудования в случае нарушения этими параметрами аварийных границ, предусмотренных регламентом.

Действия системы противоаварийной защиты имеют более высокий приоритет, чем действия оператора и системы управления. Сигналы срабатывания защиты регистрируются в протоколе сообщений с указанием предпринятых действий с одновременным оповещением оператора звуковым сигналом.

В АСУ ТП проводится диагностика работоспособности всех технических средств с формированием сообщений при нарушениях и звуковым оповещением.

В процессе диагностики обеспечивается контроль нарушений в работе оборудования на следующих уровнях:

- работоспособность сети и наличие связи между абонентами;
- состояние и работоспособность дублированных контроллеров;
- обрыв каналов связи;
- состояние источников бесперебойного питания;
- выполнение команды управления исполнительным механизмом за заданный интервал времени;
- выполнение клапаном регулирующих функций в соответствии с алгоритмом управления.

РЕЗУЛЬТАТЫ

АСУ ТП внедрена на Мажейкяйском АО «Нафта» с хорошими технико-экономическими показателями: конверсия олефинов 90-98%, селективность 95-100% на прореагировавшие олефины компонента бензина Аи-95. Установка приносит заводу прибыль в размере \$1,5 млн. в месяц. Затраты на проектирование и создание технологического процесса, включая АСУ ТП, оку-

пились менее чем за 7 месяцев. Продолжительность выполнения комплекса работ от разработки до внедрения системы управления сложным технологическим процессом риформинга газов составила менее года.

Внедрение АСУ ТП оправдало ожидания, связанные с наглядностью представления информации и удобством управления. Оперативный персонал без затруднений освоил навыки работы с системой в течение короткого времени. Улучшились условия труда операторов установки: они получили современные средства контроля и управления технологическим оборудованием.

По итогам 1,5-годичной эксплуатации АСУ ТП «Олигомеризация» показала высокие технические характеристики и надежность, не было зафиксировано сбоев в работе системы.

В настоящее время выполнена разработка проекта более совершенного ва-

рианта производства с увеличенной мощностью установки олигомеризации сжиженных олефиносодержащих газов каталитического крекинга для нефтеперерабатывающего завода в России. В АСУ ТП этой установки предусмотрено использование хорошо зарекомендовавших на Мажейкяйском АО «Нафта» технических и программных средств, принципов управления основными технологическими процессами.

Авторы статьи выражают благодарность коллективам предприятий и организаций «САПР-Нефтехим», «Ленгипро-нефтехим», «Риус», «Fonpas», АО «Нафта» за оказанную поддержку и активное участие в создании АСУ ТП «Олигомеризация». ●

**Научно-техническая фирма
«Инкотех»**

Телефон/факс: (06452) 254-39