



СИСТЕМА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ: СОЗДАНИЕ, ВНЕДРЕНИЕ, СОПРОВОЖДЕНИЕ

Д.Х. Файрузов, Ю.Н. Бельков (ОАО «Газпром нефтехим Салават»),
Д.В. Кнеллер (ЗАО «Хоневелл»), А.Ю. Торгашов (ИАПУ ДВО РАН)

Рассмотрен опыт внедрения и эксплуатации системы усовершенствованного управления (АРС-системы) на установке первичной переработки нефти ОАО «Газпром нефтехим Салават». Система реализована на базе программно-алгоритмического комплекса Profit® Controller корпорации Honeywell. Описывается установка ЭЛОУ-АВТ-4 как объект управления, охарактеризованы основные этапы проекта, уделено внимание вопросам сопровождения системы, сформулированы основные факторы успеха проекта.

Ключевые слова: усовершенствованное управление технологическим процессом, установка первичной переработки нефти, виртуальные анализаторы качества, многосвязная система, управление на основе прогнозирующей модели.

Введение

Усиливающаяся рыночная конкуренция и все более жесткие требования по защите окружающей среды заставляют нефтепереработчиков менять приоритеты и искать нетрадиционные пути сокращения затрат и увеличения прибыли. Усовершенствованное управление ТП (далее АРС — от английского Advanced Process Control) предлагает один из таких подходов. АРС представляет собой технологию многопараметрического управления на основе прогнозирующей модели ТП [1...4]. АРС-системы реализуются в виде специализированного ПО, которое инсталлируют на распределенные системы управления (PCY) технологической установки, специальным образом конфигурируют и настраивают под требования конкретного ТП. Работающая АРС-система действует как своего рода «автопилот» для технологической установки: она позволяет автоматически вести ТП в различных технологических режимах, освобождая операторов от части их рутинных функций. При этом для прогнозирования будущего поведения объекта управления используется математическая модель — «мозг» АРС-системы. Алгоритм усовершенствованного управления через равные промежутки времени (например, 1 раз в минуту) обращается к модели, и на ее основе прогнозирует динамику ТП с учетом поступившей от измерительных приборов информации о его состоянии. Убедившись на основе прогноза в том, что через определенное время ТП может уйти за допустимые границы, АРС-система дает команды ПИД-регуляторам PCY на изменение заданий. ПИД-регуляторы отрабатывают команду АРС-системы и корректируют режим. В этой связи важно, чтобы вся система базового регулирования (измерительные приборы, регуляторы, исполнительные устройства) работала надежно.

Многолетний опыт эксплуатации АРС-систем за рубежом свидетельствует о том, что они выполняют функции стабилизации ТП и смены режима в целом эффективнее, чем операторы и, что не менее важно, одновременно оптимизируют ТП по экономическим или технико-экономическим критериям. На российских предприятиях АРС-системы появились недавно, но сравнительно недолгий опыт их эксплуатации вполне укладывается в русло мирового [5, 6]. В статье рассмотрен пример удачной реализации АРС-проекта на установке первичной переработки нефти одного из крупных российских нефтехимических комбинатов. Дается краткая характеристика объекта управления, описаны основные этапы проекта, обсуждаются достигнутые результаты и факторы успешного внедрения, уделено внимание вопросам сопровождения системы.

Краткая характеристика объекта управления

ОАО «Газпром нефтехим Салават» (далее «Общество») представляет собой сложный нефтегазохимический комплекс, который имеет в своем составе три крупных функциональных подразделения: нефтеперерабатывающий завод (НПЗ), нефтехимический завод «Мономер» и газохимическое производство. Установка ЭЛОУ-АВТ-4 занимает важное место в технологической схеме НПЗ, поскольку, являясь наиболее крупной из аналогичных установок (до ввода в эксплуатацию более мощной установки ЭЛОУ-АВТ-6 в 2012 г.), в значительной степени определяет условия работы остальных установок и, косвенно, экономические показатели всего НПЗ. Дальнейшее повышение эффективности работы установки представлялось мало возможным в силу исчерпанности сравнительно недорогих средств улучшения и необходимости в доро-

гостоящих инвестициях; в этой связи было принято решение о реализации на установке APC-системы как относительно недорогой альтернативы технологическим улучшениям, обеспечивающей, тем не менее, хорошую окупаемость.

Установка предназначена для обессоливания и перегонки 4 млн. тонн стабильного газового конденсата в год с получением фракций нестабильного бензина, керосина и дизельного топлива на атмосферном блоке и вакуумного газойля и полугудрона на вакуумном. При плотности сырья, не превышающей 805 кг/м³, допускается переработка смеси стабильного газового конденсата и обессоленной нефти.

Установка включает (рис. 1а) блок ЭЛОУ (электродегидраторы), системы подогрева сырья до и после ЭЛОУ, емкость-испаритель Е-200 для дегазации подогретого сырья, колонну отбензинивания К-210, атмосферную печь П-201, атмосферную колонну К-220 с двумя стриппингами и пятью циркуляционными орошениями, вакуумную печь П-301 и вакуумную колонну К-310.

Реализация проекта

Как правило, типичный APC-проект реализуют в три этапа: (а) выбор и обследование объекта и эскизное (техническое) проектирование системы, (б) детальное (рабочее) проектирование, (в) ввод в действие, испытания и опытная эксплуатация системы. В некоторых случаях, когда, например:

- APC-проект выполняется на предприятии впервые («инфраструктура APC» отсутствует);
- ожидаемый экономический эффект не вполне очевиден;
- технические проблемы, препятствующие успеху проекта, заранее в достаточной мере не просматриваются;
- проект может быть реализован по четырехэтапной схеме, позволяющей в большей степени снизить риски. Для установки ЭЛОУ-АВТ-4 была выбрана именно такая, более осторожная схема реализации пилотного APC-проекта.

• **Этап 1.** Выбор объекта внедрения и подрядчика, обследование объекта, выработка стратегии управления и предварительное оценивание эффекта от внедрения APC («предпроектный аудит»).

• **Этап 2.** Создание виртуальных анализаторов (ВА) качества продуктов, подготовка системы базового регулирования к внедрению APC; разработка и утверждение эскизного проекта.

• **Этап 3.** Проведение испытаний на ступенчатые воздействия («основного пошагового тестирования»), построение динамических моделей по данным тестирования,

конфигурирование и динамическое моделирование многопараметрических контроллеров, подготовка инженеров заказчика к эксплуатации и сопровождению системы, создание и согласование отчета по детальному проекту системы.

• **Этап 4.** Системная интеграция ПО APC и PCY установки, подготовка операторов к эксплуатации системы, пуско-наладка многопараметрических контроллеров, приемочные испытания и опытная эксплуатация, оценивание достигнутого эффекта («постпроектный аудит») и приемка системы в промышленную эксплуатацию.

Ниже содержание этих этапов рассматривается более подробно.

Этап 1

Выбор объекта внедрения был проведен Центром развития автоматизированных производственных систем (ЦРАПС) Управления информационных технологий и связи заказчика. Специалисты ЦРАПС:

- ознакомились с основными принципами и мировым опытом внедрения усовершенствованного управления в той степени, в которой эта информация была доступна в открытой печати;
- проанализировали технологические схемы всех трех основных подразделений (производств) ОАО «Газпром нефтехим Салават» и выбрали несколько установок, представляющих интерес в плане усовершенствованного управления;
- провели консультации с руководством Общества, с руководителями и ключевыми специалистами всех трех производств в целях информирования о возможностях APC и положительном опыте его внедрения на других предприятиях, а также сбора пожеланий и предложений;
- на основе собранной информации и проведенных обсуждений выбрали технологическую установку для пилотного APC-проекта и обосновали свой выбор перед руководством Общества.

Основными аргументами в пользу установки ЭЛОУ-АВТ-4 стали ее центральная роль в технологической схеме НПЗ (до завершения строительства бо-

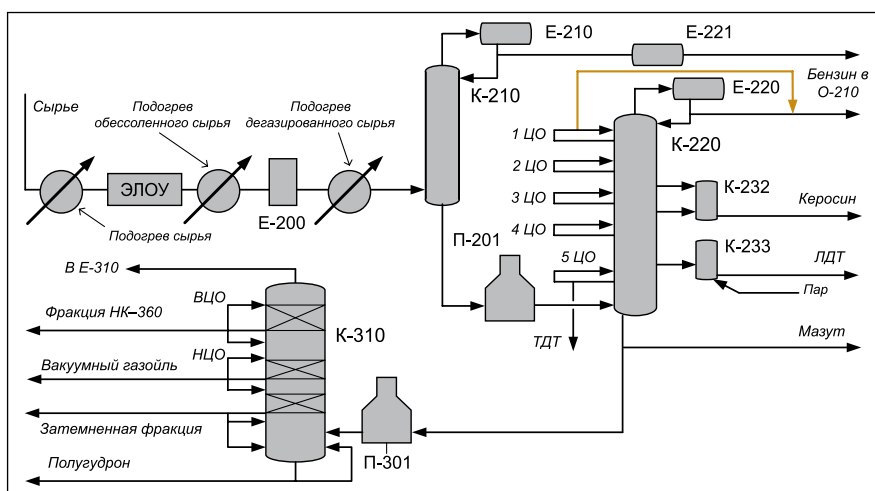


Рис. 1а Принципиальная схема установки ЭЛОУ-АВТ-4

лее мощной установки ЭЛОУ-АВТ-6 на тот момент оставалось еще более 1,5 лет), а также общие предпосылки к реализации APC: отсутствие принципиальных технологических проблем, препятствующих проекту, наличие современной PCY (Experion® PKS корпорации Honeywell), готовность производственного персонала к освоению новой прогрессивной технологии управления.

Выбор подрядчика по APC-проекту был проведен ЦРАПС в несколько шагов. Вначале наиболее известные поставщики APC были приглашены на предприятие с презентациями своих продуктов, решений и опыта; в качестве слушателей на презентациях присутствовали руководители среднего звена и ключевые специалисты НПЗ. По итогам презентаций и изучения информационных материалов, предоставленных потенциальными поставщиками, был сделан предварительный выбор корпорации Honeywell. Основным аргументом в пользу этой компании послужил ее более чем пятилетний опыт создания, внедрения и сопровождения подобных систем в России. Группа специалистов ЦРАПС и НПЗ посетила одно из крупных российских предприятий, где ЗАО «Хоневелл» — российское отделение корпорации — реализовало несколько успешных APC-проектов. Заслушав специалистов, отвечавших за реализацию APC-проектов и сопровождение действующих систем, пообщавшись с операторами и технологами — пользователями APC, и посмотрев на системы в действии, участники делегации подтвердили свое первоначальное намерение пригласить Honeywell в качестве подрядчика. Их мнение встретило позитивный отклик руководства НПЗ и Общества.

Техническое задание (ТЗ) на APC-систему было подготовлено совместно специалистами НПЗ и ЦРАПС на основе предоставленного подрядчиком шаблона. Задачи, поставленные перед APC-системой в ТЗ:

- обеспечение автоматизированного управления показателями качества получаемых продуктов;
- снижение числа нарушений по качеству в условиях внешних возмущений и действий операторов;
- снижение количественных потерь и/или нарушений по качеству продуктов в ходе изменения производственных заданий, поступающих на установку;
- увеличение прибыли от работы установки благодаря поддержанию оптимального технологического режима.

Период согласования договора на выполнение работ был использован заказчиком для формирования рабочей группы по APC-проекту, в которую на условиях частичной занятости были включены специалисты ЦРАПС по АСУТП, инженеры-технологи НПЗ и представители других подразделений, в той или иной степени задействованных в проекте, в частности, специалисты недавно образованного на НПЗ сектора оптимизации производства. При формировании рабочей группы были учтены рекомендации подрядчика, выра-

Нет ничего, что нельзя было бы усовершенствовать.

Томас Алва Эдисон

ботанные с учетом накопленного им опыта реализации аналогичных проектов на российских предприятиях. Общее руководство проектом со стороны заказчика было возложено на ЦРАПС.

Обследование установки было проведено специалистами подрядчика при поддержке рабочей группы заказчика сразу после заключения договора на выполнение работ. Анализ собранной информации позволил установить следующее.

- Внедрение многопараметрического контроллера на системе подогрева сырья не даст заметного эффекта. Это объясняется существенно нелинейной динамикой, периодическим перераспределением теплоносителя по различным потокам, отсутствием части необходимых для реализации многопараметрического контроллера измерительных приборов. Поэтому усилия следует сосредоточить на реализации APC-решения на блоках атмосферного разделения нефти (печь П-201, колонны К-210 и К-220) и вакуумной перегонки мазута (печь П-301 и колонна К-310).

- Основными источниками ожидаемого экономического эффекта являются увеличение отбора общего бензина, керосино-дизельной фракции и вакуумного газойля за счет более тяжелых продуктов атмосферной и вакуумной колонн. В качестве дополнительных источников эффекта отмечена стабилизация нескольких ключевых показателей качества продуктов.

- Имеют место технические проблемы, которые, не являясь принципиальными препятствиями на пути дальнейшей реализации проекта, тем не менее, заметно осложняют его выполнение и во многом определяют последующие технические решения. В качестве основной из них назван сброс в отводимый с установки бензин колонны К-220 неизмеряемого количества более тяжелого бензина через перемычку из первого циркуляционного орошения. Это ставит под вопрос корректность модели ВА температуры конца кипения бензина, а вследствие этого и достижение эффекта от увеличения отбора бензина (температура конца кипения бензина — основное технологическое ограничение, препятствующее увеличению отбора; отсутствие корректно работающего ВА не позволяет учесть это ограничение и, следовательно, требовать от APC-системы увеличить отбор).

- Система базового регулирования установки — фундамент APC — нуждается в доработке: необходимо переконфигурировать некоторые схемы и перенастроить несколько контуров.

По итогам работы на этапе 1 подрядчик представил заказчику отчет, в котором была охарактеризована стратегия управления установкой с помощью APC-системы, даны предварительные численные оценки ожидаемого экономического эффекта и сформулированы технические требования, выполнение которых

необходимо для достижения заявленных показателей. Требования и рекомендации подрядчика были рассмотрены заказчиком на предмет как технической реализуемости, так и целесообразности проведения дальнейших работ в свете ожидаемой окупаемости проекта. В целом, отчет был позитивно воспринят заказчиком, что дало старт следующему этапу проекта.

Этап 2

Эскизное проектирование — важнейший этап создания APC-системы. На этом этапе определяется, что именно должна делать APC-система, чтобы удовлетворить требования ТЗ.

Работы на этом этапе начались с предварительного тестирования установки. В ходе тестирования по каждой переменной ТП, которой впоследствии должна управлять APC-система, наносилось единовременное ступенчатое воздействие, а после стабилизации режима — аналогичное воздействие в противоположном направлении. Целями предварительного тестирования были:

- более глубокая проверка состояния системы базового регулирования;
- определение параметров предстоящего основного тестирования.

По итогам предварительного тестирования был выпущен отчет с результатами тестирования и рекомендациями по улучшению системы базового регулирования. Для оценивания качества регулирования подрядчик использовал коммерческое ПО Control Performance Monitor фирмы Matrikon (подразделения корпорации Honeywell), позволившее в автоматическом режиме сгенерировать отчет о качестве работы ПИД-регуляторов и провести специальные тесты для подбора новых значений настроечных параметров. Применение этого ПО, предоставленного подрядчиком на временной основе для демонстрации его широких возможностей, существенно упростило анализ и позволило представить результаты в более наглядной форме.

Большое внимание в ходе эскизного проектирования было уделено разработке ВА показателей качества продуктов установки. Эти показатели в режиме реального времени не измеряются — их определяют в лаборатории не чаще одного раза в смену; в редких случаях используются поточные анализаторы (ПА), выдающие показания с временной задержкой, делающей невозможным использование ПА непосредственно в замкнутом контуре управления.

ВА показателя качества представляет собой математическую зависимость между моделируемым показателем и параметрами ТП, измеряемыми приборами непосредственно на технологической установке. Как правило, для разработки моделей ВА используют методы регрессионного анализа; применяют также искусственные нейронные сети, эмпирические зависимости и пр.

ВА — это «глаза» APC; они необходимы любой APC-системе, чтобы та могла напрямую, в режиме реального времени «видеть» показатели качества и управлять

ими, не дожидаясь поступления данных лабораторно-аналитического контроля.

Для ЭЛОУ-АВТ-4 были разработаны ВА следующих показателей качества продуктов.

Атмосферный блок:

- температура конца кипения бензиновой фракции К-210;
- температура конца кипения бензиновой фракции К-220;
- температура конца кипения бензиновой фракции (общий поток);
- температура начала кипения керосиновой фракции;
- температура конца кипения керосиновой фракции;
- температура помутнения керосиновой фракции;
- температура начала кипения легкой дизельной фракции;
- температура конца кипения легкой дизельной фракции;
- температура начала кипения тяжелой дизельной фракции;
- выкипаемость до 360°C тяжелой дизельной фракции (ТДТ);
- температура начала кипения керосино-дизельной фракции;
- выкипаемость до 360°C керосино-дизельной фракции;
- температура помутнения керосино-дизельной фракции;
- выкипаемость до 360°C кубового продукта К-220.

Вакуумный блок:

- температура начала кипения фракции НК-360;
- выкипаемость до 360°C фракции НК-360;
- температура начала кипения вакуумного газойля;
- температура конца кипения вакуумного газойля;
- выкипаемость до 350°C вакуумного газойля;
- кинематическая вязкость полугудрона.

Успешное создание ВА выкипаемости до 360°C тяжелого дизельного топлива (ТДТ) — важнейший момент проекта, обеспечивший возможность контроля этого показателя качества в режиме реального времени. В результате удалось избежать ухудшения качества («затемнения») общей дизельной фракции — во избежание этого до создания APC-системы ТДТ направляли в сырье в качестве рецикла и как отдельный продукт с установки не выводили.

Все ВА были разработаны с использованием патентованного инструментария Honeywell Profit® Sensor Pro. Большинство моделей удалось с приемлемой точностью аппроксимировать линейными регрессиями по методу взвешенных наименьших квадратов; для трех моделей (по дизельным фракциям) пришлось применить более сложный нелинейный метод частных наименьших квадратов.

В отчете по эскизному проекту, утверждение которого завершило второй этап работ, были представлены структуры многопараметрических контроллеров,

то есть перечни управляющих (MV), контролируемых (CV) и наблюдаемых внешних (DV) переменных каждого контроллера [1]. Были конкретизированы общие задачи управления и оптимизации, сформулированные в ТЗ, а также представлены предварительные решения по системной интеграции APC и PCU с учетом требований безопасности производства и информационной политики Общества. В частности, было решено реализовать операторский интерфейс системы на основе специализированного ПО Honeywell Profit® Suite Operator Station (PSOS), поддерживающего оптимальный набор необходимых операторам функций управления APC-системой. Применение этого стандартного решения позволило свести к минимуму набор требуемых дополнительных операторских мнемосхем и тем самым существенно сократить соответствующие трудозатраты и время на разработку.

Этап 3

Пошаговое тестирование, построение и отладка динамических моделей

Динамические модели, используемые для прогнозирования будущего поведения объекта, строятся на основе данных активного эксперимента, в ходе которого на ТП в соответствии с заранее утвержденным планом подаются специальные пробные ступенчатые воздействия. Эти ступенчатые воздействия иногда называют шагами, а весь процесс, соответственно, — пошаговым тестированием. Вся программа пошагового тестирования разрабатывается исходя из требований минимального вмешательства в производственный процесс; оптимальные величины шагов определяются на основе данных предварительного тестирования (см. этап 1). По отклику объекта на ступенчатые воздействия определяются зависимости контролируемых переменных (CV) от управляющих (MV) и наблюдаемых внешних (DV). (Следует отметить, что DV, в отличие от MV, далеко не всегда удастся протестировать, поскольку некоторые из них, такие как, например, температура окружающей среды, неподвластны операторам — в подобных случаях модели строят по историческим данным).

По завершении пошагового тестирования была проведена обработка данных и построены модели, описывающие зависимости CV от MV и DV в форме передаточных функций. Эти модели были проверены инженером-разработчиком системы на динамическом симуляторе, встроенном в инструментальный созданий APC-приложений Honeywell Profit® Design Studio. В ходе моделирования проигрывались наиболее распространенные сценарии, встречающиеся во время эксплуатации объекта: изменение загрузки установки,

изменения заданий по качеству выпускаемой продукции, типичные внешние возмущения и т. д. На этом же этапе была проведена первичная настройка многопараметрических контроллеров.

Подготовка ИТР заказчика и офисные испытания

Перед инсталляцией на объекте сконфигурированных многопараметрических контроллеров были проведены их испытания в офисе ЗАО «Хоневелл». Испытаниям предшествовал краткий курс подготовки специалистов заказчика к эксплуатации и сопровождению системы. В занятиях приняли участие инженеры-технологи заказчика, а также специалисты сектора оптимизации производства, на которых предполагалось впоследствии возложить ответственность за технологическое сопровождение системы. Курс подготовки охватывал основные понятия и принципы усовершенствованного управления, особенности APC-решений корпорации Honeywell, основы организации и выполнения APC-проекта, включая пошаговое тестирование, разработку и верификацию динамических моделей, ввод многопараметрических контроллеров в действие.

Проведенные вслед за подготовкой инженерно-технических работников офисные испытания системы подтвердили ее адекватную реакцию на внешние воздействия. Выявленные незначительные несоответствия динамики системы опыту и представлениям технологов были обсуждены, тщательно проанализированы и оперативно устранены. Подписанный участниками испытаний протокол зафиксировал готовность сторон приступить к непосредственной реализации APC-приложений на PCU установки.

Детальное проектирование системы

Отчет по детальному проекту системы не менее важен, чем по эскизному. Если эскизный проект отвечает на вопрос, что должна делать система, чтобы удовлетворить требования ТЗ, то детальный проект описывает, как именно она будет это делать. В отчете по детальному проекту, выполненному на основе отчета по эскизному, были конкретизированы решаемые

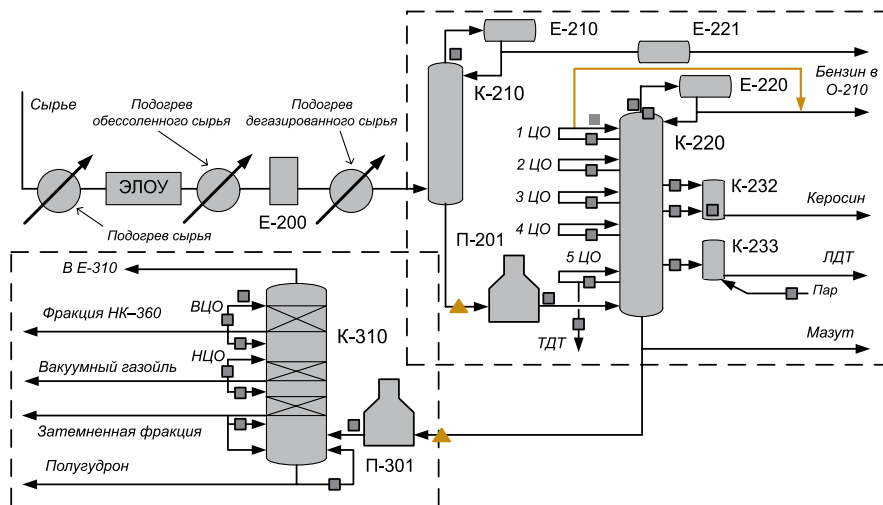


Рис. 16. Основные управляющие (MV) и наблюдаемые внешние (DV) переменные APC-системы

системой задачи управления и оптимизации, приведены математические выражения ВА, динамических моделей и целевых функций оптимизации, настроечные параметры, пределы изменения переменных.

Окончательная структура APC-системы включает два многопараметрических контроллера: атмосферного и вакуумного блоков установки. Основными управляемыми переменными («рычагами управления») контроллера атмосферного блока являются (рис. 1 б) температура верха К-210 и расходы циркуляционных орошений К-220, расходы продуктов и пара в стриппинги К-232 и К-233, температура на выходе печи П-201, а вспомогательными — давления на верху колонн К-210 и К-220 и др. В качестве управляющих переменных контроллера вакуумного блока были выбраны расходы циркуляционных и горячих орошений колонны К-330 и некоторые другие параметры.

В отчете были также подробно описаны все решения по интеграции сервера и ПО APC-системы с программно-аппаратным комплексом РСУ, в том числе алгоритмы срабатывания систем аварийного отключения APC при возникновении нештатных ситуаций. Согласование заказчиком отчета по детальному проекту завершило работы по третьему этапу и открыло путь к непосредственному переносу APC-приложений из офиса на производство и вводу их в действие.

Этап 4

ПО многопараметрических контроллеров было установлено на заранее поставленный подрядчиком сервер APC-системы. После настройки соединения между серверами APC и РСУ, инсталляции и конфигурирования ПО APC (как на сервере APC, так и на сервере и операторских станциях РСУ) были проведены системно-интеграционные испытания, направленные на проверку надежности и безопасности работы APC-системы. В частности, был проверен режим автоматического отключения ПИД-регуляторов РСУ от APC-системы в случае потери связи с сервером APC. Все системно-интеграционные работы и испытания проводились совместными усилиями инженеров АСУТП заказчика и подрядчика.

Официально утвержденные положительные результаты испытаний позволили начать пуско-наладку многопараметрических контроллеров. Непосредственно перед ней была проведена подготовка операторов

установки к эксплуатации системы. Все операторы были ознакомлены с краткими основами усовершенствованного управления, принципами работы APC-системы и ее пользовательским интерфейсом. Занятия проводились посменно в учебно-тренировочном центре заказчика.

После ввода системы в действие были проведены ее испытания. В ходе них проверялось, как многопараметрические контроллеры решают задачи управления и оптимизации, сформулированные в ТЗ, уточненные в эскизном и детальном проектах и отработанные в ходе офисных испытаний. Все выявленные недостатки протоколировались и оперативно устранялись путем подстройки контроллеров. По завершении испытаний система была принята в опытную эксплуатацию, продолжительность которой составила 1,5 мес. В этот период операторы и технологи углубляли приобретенные ранее навыки работы с системой; подрядчиком и группой сопровождения проводился мониторинг ее работы, фиксировались и анализировались все факты неадекватного поведения, а также собирались данные для проведения постпроектного аудита. По завершении опытного периода и устранения выявленных недостатков система была принята в промышленную эксплуатацию.

После внедрения

Постпроектный аудит

Постпроектный аудит завершает любой APC-проект. Он предусматривает сбор данных ТП за период работы технологической установки под управлением APC-системы («отчетный» период) и сопоставление их с данными о работе установки до внедрения APC («базовый» период). Выбор базового и отчетного периодов — задача не всегда простая, поскольку технологические установки работают в изменяющихся условиях (зима/лето, смены плановых заданий по количеству и качеству выпускаемых продуктов, отказы и замены оборудования, изменения состава сырья). Сказанное в полной мере применимо к установке ЭЛОУ-АВТ-4 с ее частыми изменениями загрузки и состава сырья (подкачки газовых конденсатов с различным потенциалом светлых продуктов). В ходе проведения анализа данные базового и отчетного периода были приведены к единому базису сравнения, что

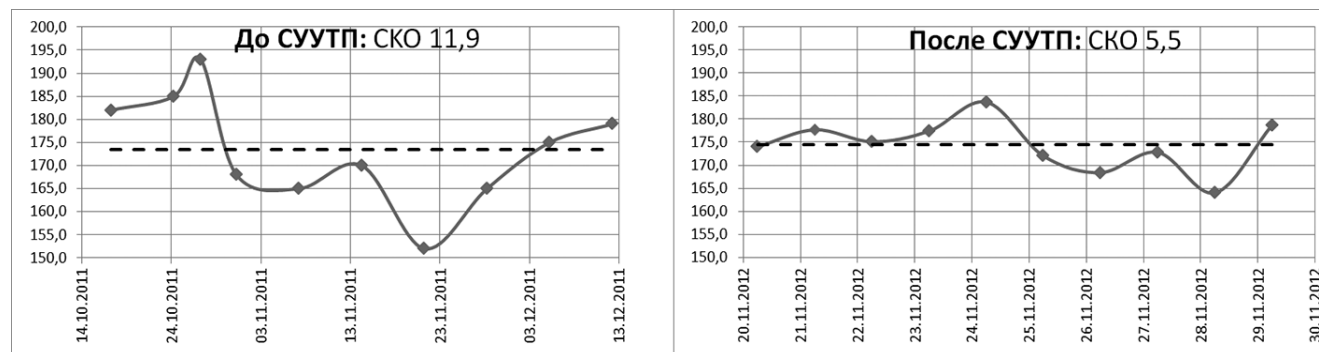


Рис. 2. Снижение изменчивости температуры конца кипения бензина на колонне отбензинивания К-210: СУУТП (система усовершенствованного управления ТП) — эквивалент термина «APC-система»

позволило получить статистически и технологически обоснованные результаты. Следует, однако, отметить, что упомянутая выше специфика работы установки не позволила выделить достаточно длительные (то есть с большим объемом данных) участки базового и отчетного периода с одинаковыми технологическими условиями и производственными заданиями. Это создало определенные сложности при проведении анализа.

Основные выводы, представленные в подготовленном подрядчиком при активном участии заказчика отчете по итогам испытаний и опытной эксплуатации APC-системы, сводятся к следующему.

Благодаря управлению установкой с помощью APC удалось:

- увеличить отбор керосино-дизельной фракции на 3% на сырье атмосферной колонны;
- увеличить отбор вакуумного газойля на 4,5% на сырье вакуумной колонны;
- стабилизировать показатели качества основных продуктов установки — снизить их изменчивость соответственно на 53% (температура конца кипения бензина колонны К-210 — рис. 2), 10,5% (температура конца кипения керосино-дизельной фракции) и 43% (процент выкипания компонентов до 350°C в вакуумном газойле);
- минимизировать расход ТДТ, направляемого в качестве рецикла в сырье, в среднем на 33 м³/ч (рис. 3) в целях снижения энергозатрат печи П-201 и облегчения функционирования атмосферной колонны на высоких нагрузках.

В отчете были отмечены незначительность стабилизации температуры конца кипения керосино-дизельной фракции в связи с частыми сменами производственных заданий (сложность наработки представительной статистики), а также невозможность оптимизации отбора общего бензина колонн К-210 и К-220 в связи с оговоренным выше добавлением в отводимый с установки бензин неизмеряемого количества тяжелого бензина из верхнего циркуляционного орошения колоны К-220. Заказчиком было принято решение об установке в один из ближайших ремонтов расхода на линии сброса тяжелого бензина, что позволило бы разработать эффективную модель ВА температуры конца кипения общего бензина.

Основные результаты

В качестве основных результатов внедрения системы можно отметить следующие.

- ВА демонстрируют свою надежность при работе в замкнутом контуре многопараметрического управления и хорошо восприняты операторами.
- Приемлемая точность ВА температур конца кипения керосиновой и легкой дизельной фракций позволяет вывести из эксплуатации соответствующие поточные анализаторы, обеспечивая, таким образом, экономию средств на техобслуживание и возможную замену по завершении их жизненного цикла.
- APC-система обеспечивает автоматическое управление качеством выпускаемых продуктов.
- Наблюдается сокращение времени переходных процессов при смене режимов.
- Проведенные испытания и дальнейшая эксплуатация системы показали возможность с ее помощью максимизировать отборы керосино-дизельной фракции и вакуумного газойля (а в перспективе, после проведения соответствующих ремонтных мероприятий — и бензина) при минимальных энергозатратах.
- Опыт эксплуатации APC-системы свидетельствует о ее жизнеспособности и эффективности в решении производственных задач, таких как стабилизация качества продуктов, уменьшение потребления энергоресурсов, сокращение потерь при смене режимов.

Оцененный срок окупаемости APC-системы составляет около 6 мес.

Помимо прибыли от APC, которая может быть оценена количественно, существует так называемая неисчисляемая прибыль. К ней обычно относят:

- снижение потерь при переходных режимах, которое трудно оценить количественно;
- повышение надежности производства;
- снижение вредных выбросов;
- стабилизацию режима установок, расположенных ниже по технологической цепочке;
- снижение нагрузки на операторов, которое выражается в уменьшении числа параметров ТП, требующих постоянного к себе внимания (здесь уместно еще раз вспомнить сравнение APC-системы с автопилотом).

Все эти факторы были отмечены применительно к установке ЭЛОУ-АВТ-4. Заказчик выразил намерение распространить позитивный опыт взаимодействия

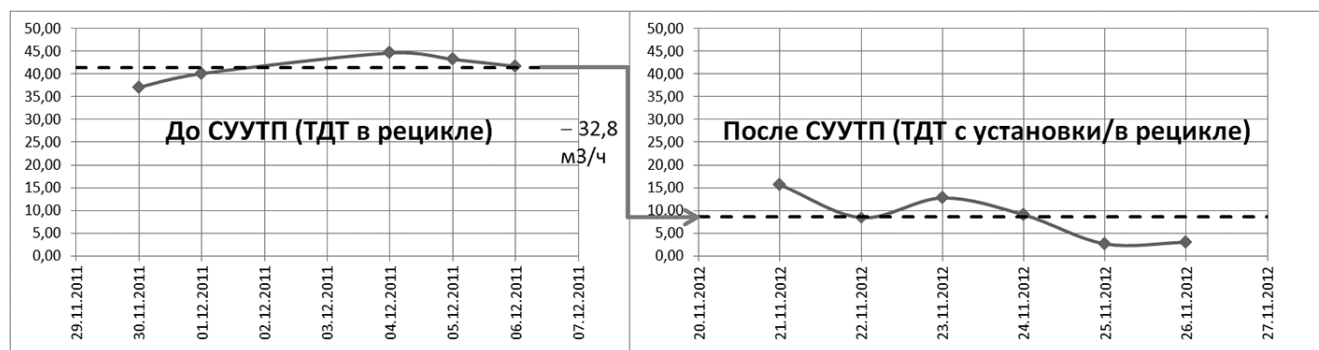


Рис. 3. Минимизация рециркулируемого количества ТДТ в сырье через печь П-201

с подрядчиком по внедрению APC на другие установки, в частности, введенную в строй действующих в 2012 г. крупнотоннажную установку первичной переработки нефти ЭЛОУ-АВТ-6.

Сопровождение системы

APC-система — сложный программный продукт (правильнее было бы назвать ее сложным инструментарием, помогающим технологам в решении их производственных задач). Являясь таковым, система нуждается в сопровождении, предусматривающем постоянный мониторинг и ряд мероприятий, оговоренных регламентами системного и технологического сопровождения. Как показывает мировой опыт эксплуатации APC, в отсутствие сопровождения система деградирует в течение нескольких лет [4], тогда как при хорошем сопровождении и развитии, напротив, может со временем стать даже более прибыльной, чем на момент приемки ее в промышленную эксплуатацию.

Руководство НПЗ с пониманием отнеслось к предложению подрядчика о выделении специалистов для сопровождения системы, их своевременной подготовке и вовлечении в проект на как можно более ранних его стадиях. На момент официальной передачи системы от подрядчика заказчику несколько специалистов сектора оптимизации производства были в достаточной степени подготовлены и активно сотрудничали с инженерами подрядчика.

Гарантийное обслуживание системы осуществляется подрядчиком с декабря 2012 г. в тесном контакте с инженерами сектора оптимизации производства. Подрядчик регулярно получает исторические данные ТП и лабораторного контроля в согласованном формате, а также сведения обо всех технологических событиях на установке, которые могут прямо или косвенно повлиять на показатели работы системы, проводит анализ полученной информации и выдает рекомендации, которые обрабатывают инженеры заказчика. По мере продолжения сотрудничества последние берут на себя все больше функций сопровождения. Таким образом, постепенно формируется и приобретает устойчивость схема взаимодействия заказчика и подрядчика, которая по истечении гарантийного срока может лечь в основу взаимовыгодного договора сопровождения.

Факторы успеха

Среди факторов, обеспечивших удачное создание и внедрение APC-системы установки ЭЛОУ-АВТ-4, следует отметить:

— поддержку и внимание к проекту со стороны руководства НПЗ и Общества в целом;

— хорошую подготовку и организацию проекта со стороны ЦРАПС;

— заинтересованное отношение технологического персонала установки и производства к проекту — внимательное изучение и обсуждение технологиями всех проектных документов, активное участие в испытаниях и ценные предложения;

— удачный выбор как подрядчика (имевшего более чем пятилетний опыт реализации APC в России), так и самой технологии APC: Profit® Controller корпорации Honeywell — одна из лидирующих APC-платформ в мире (а в нефтепереработке — лидирующая);

— выделение заказчиком специалистов по сопровождению системы, их своевременную подготовку и участие в проекте.

Система усовершенствованного управления — это наукоемкий продукт, способный решать широкий набор производственно-экономических задач. В ходе эксплуатации технологической установки эти задачи меняются, постоянно возникают новые. Правильно эксплуатируемая APC-система живет с установкой «одной жизнью»: все ее широкие возможности используются для получения максимальной отдачи, а когда их становится недостаточно для должной адаптации к меняющемуся миру, необходимо вовремя и должным образом ставить и решать задачи доработки системы. Именно в этом русле развивается сотрудничество ОАО «Газпром нефтехим Салават» и Honeywell в области усовершенствованного управления и оптимизации ТП.

Список литературы

1. Дозорцев В.М., Кнеллер Д.В. APC — усовершенствованное управление технологическими процессами // Датчики и системы. 2005. № 10.
2. Tatjevsky P. Advanced Control of Industrial Processes: Structures and Algorithms. L.: Springer. 2010.
3. Захаркин М.А., Кнеллер Д.В. Применение методов и средств усовершенствованного управления технологическими процессами (APC) // Датчики и системы. 2010. № 10.
4. Дозорцев В.М., Ицкович Э.Л., Кнеллер Д.В. Усовершенствованное управление технологическими процессами (APC): 10 лет в России // Автоматизация в промышленности. 2013. № 1.
5. Розенберг Л.С., Рудяк К.Б., Исаев В.Б. и др. Повышение эффективности работы установки первичной переработки нефти с помощью системы усовершенствованного управления // Промышленные АСУ и контроллеры. 2007. № 2.
6. Макарова Т. Прогресс приносит прибыль // iTime. 2009. № 1(11).

Файрузов Данис Хасанович — директор по производству ОАО «Газпром нефтехим Салават»,

Бельков Юрий Николаевич — главный специалист Центра развития автоматизированных производственных систем Управления информационных технологий и связи ОАО «Газпром нефтехим Салават»,

Кнеллер Дмитрий Владимирович — канд. техн. наук, руководитель отдела систем усовершенствованного управления и оптимизации технологических процессов ЗАО «Хоневелл»,

Торгашов Андрей Юрьевич — д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник Института автоматики и процессов управления ДВО РАН.

Контактный телефон (495) 796-98-00.