

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УЧЕТА НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ЗАВОДЕ

М.Ю. Петухов (АО «ПЕТРОТЕЛ-ЛУКОЙЛ»)

Рассмотрены вопросы эффективности использования автоматизированных систем производственного планирования и учета на нефтеперерабатывающем заводе. Сформулированы основные подходы к расчету эффектов от внедрения систем оптимального производственного планирования, календарного планирования и производственного учета. Показано, что данные системы обладают сравнительно короткими сроками возврата инвестиций.

Ключевые слова: APS, MES, производственное планирование, оптимальное планирование, линейное программирование, календарное планирование, производственный учет, материальный баланс, нефтепереработка.

Введение

В настоящее время продолжается оснащение нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) системами классов APS (Advanced Planning and Scheduling) и MES (Manufacturing Execution System). С одной стороны, службы НПЗ проявляют значительный интерес к данным системам, с другой — темпы их внедрения нельзя охарактеризовать как высокие. Данное обстоятельство во многих случаях обусловлено недостатком информации о коммерческой привлекательности инвестиционных проектов по внедрению APS/MES. Последнее, в свою очередь, связано с наличием пробелов в понимании экономических эффектов от использования отмеченных классов систем.

В отличие от АСУТП системы APS/MES непосредственно не повышают эффективность работы технологических установок, например, за счет увеличения выхода нефтепродуктов с высокой добавленной стоимостью или снижения норм расхода вспомогательного сырья, реагентов и энергоресурсов. Если рассмотреть влияние APS/MES на снижение затрат по персоналу, то опыт их эксплуатации показывает, что оптимизация трудозатрат может иметь место. Однако полученный экономический эффект в большинстве случаев не превышает затраты на покупку и поддержку системы. Также известны примеры, когда внедрение автоматизированных систем приводит к росту трудозатрат на их обслуживание [1].

Отсутствие информации об экономических эффектах APS/MES во многих случаях приводит к задержкам или отклонению руководством НПЗ или ВИНК (вертикально-интегрированных нефтяных компаний) инвестиционных проектов на их внедрение. В связи с этим многие российские НПЗ при обосновании внедрения APS/MES обходят требование экономической отдачи от проекта, внедряя данные системы как некоммерческие проекты по принципу, что автоматизация процесса сама по себе является эффективной. Опыт показывает, что данный подход, вообще говоря, является неверным, поскольку не позволяет получить полной отдачи от использования соответствующих систем. Действительно, для эффективного внедрения и использования любой системы важно четкое понимание задач, требующих решения. В свою очередь понятие эффективности использования системы главным образом подразумевает нали-

чие экономических эффектов от ее работы. Поэтому перед началом внедрения системы представляется важным определиться с экономической постановкой задачи и подходами к получению эффектов. На основе поставленных целей внедрения и подходов к их достижению разрабатывается математическая модель НПЗ, которая закладывается в основу функционирования системы [2]. В связи с этим недостатки в постановке задачи на начальном этапе зачастую требуют значительных трудозатрат на исправление модели после того как система внедрена. Известны случаи, когда НПЗ после покупки и долгого внедрения автоматизированных систем в конечном итоге отказывался от их использования. При этом другие НПЗ использовали идентичную систему достаточно успешно.

Таким образом, вопрос об экономической эффективности APS/MES, которую получит НПЗ после их внедрения, является актуальным. Целью настоящей работы является изучение основных аспектов экономической эффективности внедрения APS/MES в ключевых областях их использования на НПЗ — автоматизации процессов планирования производства и учета выпуска продукции.

Анализ эффективности APS для планирования производства

Основные подходы к анализу эффектов от внедрения автоматизированных систем на НПЗ в целом идентичны оценке эффективности любого инвестиционного проекта. Одним из ключевых показателей является срок окупаемости вложений или Pay-back Period (T_{pp}), который соответствует периоду времени, за который полученные от реализации проекта доходы покрыли затраты на инвестиции и поддержку. T_{pp} рассчитывается из условия, когда накопительная величина денежного потока (CF):

$$CF = Q + P - C - S \quad (1)$$

становится и в дальнейшем остается положительной величиной. Здесь Q — эффект от повышения качества работ, выполняемых с помощью автоматизированной системы, P — эффект от оптимизации трудозатрат, C — затраты на покупку и внедрение системы, S — затраты на поддержку системы (лицензии, консультации). Особенность инвестиционных проектов НПЗ, как и других крупных промышленных объектов,

заклучается в длительном интервале времени между моментом начала вложений в инвестиционный проект и появлением первых экономических эффектов. Не является исключением и внедрение систем APS/MES. В связи с этим срок окупаемости внедрения автоматизированных систем удобно рассматривать как сумму двух составляющих:

$$T_{pp} = T_c + T_{op}, \quad (2)$$

где T_c — срок реализации (ввода в эксплуатацию) автоматизированной системы, T_{op} — период времени от начала промышленной эксплуатации до момента ее окупаемости.

Если рассмотреть эффективность работы систем класса АСУТП, например, системы усовершенствованного управления ТП АРС [3], то подход к расчету ее экономических эффектов достаточно прозрачен. Действительно, известно [3], что АРС способствует увеличению отборов на технологической установке нефтепродуктов с более высокой добавленной стоимостью. Поэтому эффект от повышения качества работ Q рассчитывается путем сравнения отборов нефтепродуктов по установке в вариантах ее работы с АРС и без АРС. Также АРС снижает трудозатраты операторов, поэтому P может быть посчитан как оптимизация затрат на персонал НПЗ.

При переходе к оценке эффективности APS/MES исследователь столкнется со значительными сложностями. Поскольку, как отмечено во введении, данные классы систем непосредственно не способствуют улучшению технико-экономических показателей технологических объектов НПЗ, необходимо сформулировать другие подходы к оценке их эффективности. Рассмотрим эту проблему детально.

К APS системам на НПЗ относятся автоматизированные системы оперативного планирования производства/поставок и системы составления расписаний (календарного планирования) производства/поставок. Под оперативным планированием обычно подразумевается формирование текущих планов с горизонтом месяц/квартал/год. Для автоматизации оперативного планирования производства используются оптимизационные системы, основанные на методах линейного программирования (ЛП). На рынке РФ они в основном представлены системами PIMS (AspenTech) и RPMS (Honeywell).

Эффективность использования ЛП-систем для оперативного планирования производства и поставок обычно не подвергается сомнению, поэтому в настоящее время эти системы используются на всех современных НПЗ. ЛП-система содержит целевую функцию:

$$L = \sum_j (c_j - d_j) x_j \rightarrow \max, \quad (3)$$

которая оперативно максимизирует плановую прибыль НПЗ L в условиях логистических, технологических и рыночных ограничений:

$$\sum_j a_{ij} x_j \leq (\geq) b_i, \quad x_j \geq 0. \quad (4)$$

Здесь x_j — переменные покупок, продаж и внутренних потоков ЛП-модели НПЗ; c_j и d_j соответствуют ценам продаж и покупок соответственно, a_{ij} — коэффициенты матрицы ограничений, b_i — коэффициенты вектора ограничений. Таким образом, уже постановка задачи (3) — (4) направлена именно на повышение экономической эффективности производственного плана.

В явном виде подходы к оценке экономической эффективности ЛП-систем для целей оперативного производственного планирования сформулированы сравнительно недавно [4]. В частности, в [4] показано, что использование системы RPMS на НПЗ позволяет получить дополнительно ~ 2 долл. США на тонну перерабатываемой нефти. Сопоставляя данный эффект с затратами несложно получить, что время окупаемости T_{op} не превысит одного месяца. Отметим, что данная оценка эффективности сделана для НПЗ, который перерабатывает лишь один сорт нефти (Urals). Если рассмотреть НПЗ, обладающий возможностью выбора сорта нефти для переработки, то эффективность применения ЛП-системы значительно возрастает, поскольку она дополнительно служит инструментом, позволяющим проводить мониторинг эффективности закупки различных сортов нефти с учетом их качества и стоимости. За приемлемое время проводится анализ экономической эффективности нескольких десятков видов нефтяного сырья и их различных комбинаций в смеси. При этом скорость работы в ЛП-системе позволяет проводить такой мониторинг еженедельно и даже ежедневно. В результате НПЗ имеет возможность мгновенно и эффективно приспосабливаться к постоянно меняющейся конъюнктуре рынка, покупая наиболее оптимальный вид нефтяного сырья или смесь нефти для переработки.

Для оценки эффективности использования ЛП-систем на НПЗ, обладающих возможностью выбора сорта перерабатываемого сырья, предлагается воспользоваться статистическими методами. Автор анализировал эффективность переработки на НПЗ значительной выборки сортов нефти (~40 видов). В результате получено, что стандартное отклонение от среднего значения по экономической эффективности переработки различных сортов нефти с учетом их стоимости и качества составило $\sigma \approx 15$ долл. США/т. Поскольку регулярный мониторинг экономической эффективности значительного числа сортов нефти (например, раз в неделю) без использования ЛП-системы с приемлемой точностью и приемлемыми трудозатратами практически невозможен, то величина σ будет характеризовать среднюю величину ошибки, которая появлялась бы при закупках предприятием нефти без использования ЛП-системы. Если предположить, что предприятие даже без системы оптимального планирования обладает такими методами оценки, которые позволяют исключить из списка мониторинга заведомо неэффективные в любых рыночных условиях сорта нефти, то в полученной таким

способом выборке стандартное отклонение должно уменьшиться. Поэтому на следующем этапе автор оценивал величину σ для выборки, из которой были исключены 20% видов нефти, обладающих стабильно худшей экономической эффективностью в результате мониторинга в течение года. В результате стандартное отклонение (средняя величина ошибки) снизилось до величины $\sigma \sim 8$ долл. США/т. Если использовать данную величину для оценки эффективности использования ЛП-системы для небольшого НПЗ с переработкой 2,5 млн. т/г, то экономический эффект составляет порядка ~ 20 млн. долл. США/г. Учитывая, что затраты на внедрение и поддержку ЛП-системы составляют лишь несколько процентов от отмеченного годового эффекта, получим, что время окупаемости T_{op} ЛП-системы составляет лишь несколько дней.

Наряду с оперативным планированием производства любой НПЗ в обязательном порядке осуществляет календарное планирование (КП) производства и поставок. Под календарным планированием обычно понимается составление планов на определенный интервал времени с детализацией до дней (смен/часов). На рынке РФ APS КП в основном представлены системами Orion (AspenTech) и комплексом календарного планирования от корпорации Honeywell. Использование оптимизационных методов в системах автоматизации КП производства и поставок достаточно затруднительно [5]. В связи с этим APS КП в основном базируются на использовании имитационных методов. Как следствие, в таких системах отсутствует целевая функция, направленная на оптимизацию решения по заданному критерию. Отсутствие функции цели в системах КП затрудняет и экономическую оценку эффективности их использования Q . Если рассмотреть возможные эффекты от оптимизации затрат, то фактический опыт эксплуатации APS КП показывает, что эти системы достаточно трудоемки, а их использование в основном приводит к росту затрат при их эксплуатации на НПЗ. В результате эффект P появляется в формуле (1) с отрицательным знаком. Отмеченные туманные перспективы по возврату инвестиций от внедрения APS КП явились причиной того, что большинство НПЗ РФ, а также многие зарубежные НПЗ еще не приступили к их внедрению. Те же НПЗ, которые начали внедрять APS КП, в основном реализуют данный проект как некоммерческий. Отсутствие понимания экономических эффектов от APS КП не могло не сказаться на качестве внедрения таких систем на НПЗ. Вышесказанное подтверждается тем фактом, что в литературе практически отсутствует описание успешного опыта внедрения систем APS КП [1].

Основные принципы повышения экономической эффективности НПЗ с помощью внедрения системы APS КП сформулированы в [1] как снижение потерь, связанных с неравномерностью поставки/переработки сырья и неритмичной выработкой/отгрузкой нефтепродуктов в связи с:

- отклонениями от оптимальных значений загрузок технологических установок из-за ошибок планирования поставки сырья или отгрузки нефтепродуктов;
- появлением демереджа (штрафа от сверхнормативного простоя транспорта при сливе сырья или наливке нефтепродуктов);
- запасами качества в товарной продукции;
- ростом страхового запаса сырья и продукции, что увеличивает оборотный капитал НПЗ;
- снижением цен на продукцию, для которой отсутствует свободное место в резервуарах (с целью скорейшей реализации продукции и недопущения снижения загрузки или останова НПЗ).

Для различных НПЗ величины каждого из вышеотмеченных видов экономических потерь различаются и могут быть подсчитаны на основе анализа фактической информации, имеющейся на НПЗ. Исследования, проведенные автором, позволяют оценить порядок соответствующих потерь на уровне $\approx 0,8$ долл. США на тонну перерабатываемой нефти. Безусловно, полностью исключить данные потери с помощью APS КП затруднительно, и представляется возможной лишь их минимизация. Степень минимизации потерь зависит от возможностей системы APS КП, качества ее внедрения и квалификации специалиста по планированию. Если рассмотреть консервативный вариант сокращения потерь на величину 25%, то годовой экономический эффект Q для небольшого НПЗ с объемом переработки 2,5 млн. т/г составит около 0,5 млн. долл. Соответствующая величина эффекта как минимум сопоставима с затратами на закупку и внедрение современных APS КП. Следовательно, в этом случае время окупаемости T_{op} для APS КП составляет не более одного года.

Анализ эффективности MES для производственного учета

Ключевой задачей MES на НПЗ является обеспечение автоматизации производственного учета. Данный процесс состоит из нескольких этапов, автоматизация которых в рамках одной системы достаточно затруднительна. Поэтому для повышения эффективности производственного учета обычно внедряют сразу несколько MES, которые автоматизируют различные его этапы.

На НПЗ, обладающих низкой степенью автоматизации производственного учета, сбор первичной информации (приборный учет) о работе технологических объектов предприятия проводится с использованием бумажного документооборота или по электронной почте. Данная информация концентрируется в службе производственного учета, где заносится и обрабатывается в стандартной программе MS Excel. Некоторые НПЗ автоматизировали отдельные части процесса производственного учета путем закупки отдельных элементов MES или разработки местными ИТ службами локальных программ, повышающих удобство работы экономиста по учету.

Полноценная же и комплексная автоматизация всего процесса производственного учета на российских НПЗ РФ носит единичный характер.

Отсутствие прозрачной информации об экономической эффективности MES отрицательно влияет на интенсивность автоматизации производственного учета. Кроме того, наблюдаются и значительные технические сложности при внедрении MES, среди которых отметим, во-первых, нетривиальную задачу разработки математической модели НПЗ для ее внедрения в MES [2] а, во-вторых, необходимость интегрирования всех MES, участвующих в процессе учета, в единое информационное пространство [6]. Отмеченные выше сложности приводят к тому, что процесс автоматизации производственного учета зачастую растягивается на несколько лет. Также известны случаи, когда после всех затрат, понесенных на внедрение MES, НПЗ отказывался от ее использования.

В процессе производственного учета обычно выделяют три его основных составляющих [7]. Первый этап — сбор первичной информации (с приборов) по производственному учету. На этом этапе собираются данные приборного учета по поставкам сырья, отгрузке продукции, остаткам в резервуарах, а также информации по движению полуфабрикатов между технологическими объектами предприятия. На втором этапе формируется материальный баланс по всем технологическим объектам предприятия и по НПЗ в целом. Третий этап соответствует подготовке производственных отчетов и аналитических материалов по материальному балансу предприятия.

Целью автоматизации первого этапа является повышение достоверности (надежности) первичных данных, которые попадают в службу производственного учета, а также — оптимизация трудозатрат. Соответствующие эффекты появляются вследствие того, что первичные данные «собираются» автоматически с приборов с минимальным участием операторов, что повышает их достоверность в связи с минимизацией влияния человеческого фактора. Здесь в качестве примера приведем распространенную ситуацию, когда оператор, считывающий данные с прибора, умышленно завышает фактические показатели своей установки для выполнения плана. В случае же работы с автоматизированной системой сбора первичной информации возможность подобных искажений минимизируется. Цели автоматизации третьего этапа достаточно прозрачны и обусловлены необходимостью снижения числа ошибок, связанных с ручным вводом информации, а также — оптимизацией трудозатрат при составлении управленческой, бухгалтерской и корпоративной отчетности. Основным же интерес, как показывает практика, вызывает проблема оценки эффектов от автоматизации второго этапа — формирования материального баланса, который является наиболее сложной составляющей процесса производственного учета. Рассмотрению

этого вопроса в дальнейшем и будет уделено основное внимание.

Объемы поставки сырья на НПЗ и отгрузки товарной продукции обычно измеряются с высокой степенью точности с помощью весов или резервуарного метода (по уровням жидкости в резервуаре). Поэтому при составлении материального баланса НПЗ соответствующие измерения считаются точными и не подлежащими корректировке. В то же время величины большей части внутренних потоков НПЗ (полуфабрикатов) измеряются с помощью расходомеров, которые определяют величину массы (объема) нефтепродуктов, прошедших через поперечное сечение трубы, и обладают достаточно высокими погрешностями измерений. На практике при определении массы (объема) жидких нефтепродуктов приемлемой считается погрешность 0,5...2% [8]. В случае вязких жидкостей и газов погрешность увеличивается. Кроме того, дополнительные сложности в производственный учет вносят некорректно работающие приборы (обладающие неприемлемой погрешностями измерений). Поиск таких приборов является одной из основных и не всегда тривиальной задачей производственного учета.

В случае сведения материального баланса в Excel без использования специальных математических методов отмеченные выше погрешности приборов устраняются (согласовываются) специалистами службы производственного учета достаточно произвольно. Соответствующая процедура обычно называется процедурой согласования материального баланса. Если рассмотреть простой пример, когда измеряемое значение сырья, поступающего на технологическую установку, составляет 100 т, а измеренные значения по двум выходящим с установки продуктам получаются 30 т и 80 т, то возникающее противоречие по балансу ($100 \neq 110$) может устраняться различными способами: на основании определенных эвристических критериев, квалификации специалиста по учету и пр. Другими словами, в согласованном балансе может получиться $100 = 20 + 80$ либо $105 = 22 + 73$ и т.д. В то же время истинное значение величин потоков может существенно отличаться от согласованных значений. В результате надежность (достоверность) согласования баланса путем «ручных» манипуляций в Excel невысокая. Поэтому одной из основных задач при автоматизации данного процесса является повышение надежности согласования материального баланса. Для этой цели современные автоматизированные системы обычно решают задачу согласования баланса с использованием квадратичной целевой функции следующего вида [8]:

$$L = \sum_i \left(\frac{x_i^{изм} - x_i^{созл}}{\xi_i x_i^0} \right)^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

Здесь $x_i^{изм}$ и x_i^{corr} — измеренное и согласованное (полученное в результате решения) значения для i -го потока, x_i^0 — его характерное значение (для нормирования), ξ_i — параметр настройки, характеризующий степень надежности i -го измерения. Использование критерия (5) определяет задачу согласования материального баланса как задачу оптимизации, что позволяет ожидать более высокую точность в сравнении с согласованием баланса в Excel без использования строгих математических подходов.

Рассмотрим эффективность использования оптимизационного подхода (5) для согласования материального баланса на примере реального завода. Для этой цели было проведено сравнение баланса НПЗ B_0 , полученного при согласовании в Excel, с материальным балансом B_{recon}^{final} , который был сформирован в результате согласования в автоматизированной системе. Для корректного сравнения B_{recon}^{final} с B_0 были последовательно выполнены следующие процедуры.

1. После внедрения системы автоматизированного согласования материального баланса (Production Balance разработки корпорации Honeywell) проводилась процедура согласования как в «ручном» режиме (в Excel) B_0 , так и с использованием автоматизированной системы $B_{recon}^{initial}$. При этом использовались одни и те же начальные данные.

2. На втором этапе новая информация по материальному балансу $B_{recon}^{initial}$ вместе с отклонениями $\Delta = B_{recon}^{initial} - B_0$ были направлены для анализа в технологическую и производственную службы НПЗ. Далее, на основе использования более надежных данных по материальному балансу $B_{recon}^{initial}$, соответствующими службами были внесены корректировки (улучшения) в режимы работы технологических установок и логистику потоков НПЗ.

3. На третьем этапе, спустя некоторое время после реализации п. 2, сравнивались новый материальный баланс НПЗ с учетом внесения технологических и логистических улучшений B_{recon}^{final} и первоначальный баланс НПЗ B_0 . Сравнение экономик НПЗ на основе этих балансов и определяло полученный экономический эффект Q .

Проиллюстрируем вышесказанное на простом примере. Предположим, что по балансу B_0 отбор бензина на установке каталитического крекинга составляет 50% масс на входящее сырье, что в рамках качества перерабатываемого нефтяного сырья соответствует условиям лицензиара-поставщика катализатора. После получения из автоматизированной системы более точной (надежной) информации по материальному балансу $B_{recon}^{initial}$ обнаружено, что реальный отбор бензина на установке ниже, чем предполагалось ранее и составляет 48%, что меньше отбора, гарантированного лицензиаром. Анализ данной ситуации технологом с большой долей вероятности покажет, что при эксплуатации установки каталитического крекинга нарушен какой-либо из параметров ТП. Исправление недостатка приведет к увеличению

выхода бензина до гарантированной лицензиаром величины. В результате улучшится экономическая эффективность работы установки каталитического крекинга, а, значит, и НПЗ в целом.

Описанная выше процедура использовалась для определения экономической эффективности системы согласования материального баланса Production Balance (Honeywell) на НПЗ АО «ПЕТРОТЕЛ-ЛУКОЙЛ». Доказанный эффект Q составил 0,6 долл. США на тонну перерабатываемой нефти. Отметим также, что автоматизация всех этапов процесса производственного учета при условии надлежащей организации работ позволила получить значительный эффект и от оптимизации трудозатрат P . В частности, на АО «ПЕТРОТЕЛ-ЛУКОЙЛ» обеспечена двукратная оптимизация персонала в службе производственного учета [7]. Общая величина эффектов $Q+P$, полученных на АО «ПЕТРОТЕЛ-ЛУКОЙЛ» от автоматизации производственного учета, обусловила возврат инвестиций T_{Q+P} фактически в течение одного месяца работы системы.

Заключение

Рассмотрены вопросы эффективности использования автоматизированных систем производственного планирования и учета материальных потоков на НПЗ. Сформулированы основные подходы к расчету экономических эффектов от внедрения систем оптимального производственного планирования, календарного планирования и согласования материального баланса. Выявлены основные экономические потери, которые несет НПЗ без использования средств автоматизации соответствующих процессов, и предложены подходы к их минимизации с помощью APS/MES.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы. Во-первых, проекты по автоматизации процессов планирования и учета материальных потоков НПЗ относятся к коммерческим проектам, поскольку при условии надлежащего качества внедрения APS/MES позволяют вернуть затраченные инвестиции в приемлемые сроки. Во-вторых, рассмотренные APS/MES обладают значительно более короткими сроками возврата инвестиций в сравнении, например, с АСУТП или техническим перевооружением технологических установок. Действительно, окупаемость внедрения APS календарного планирования не превышает одного года после начала использования (без учета времени на внедрение). APS оптимального производственного планирования и MES производственного учета фактически окупаются уже на этапе их внедрения. В то же время инвестиционные проекты по внедрению АСУТП обладают сроком возврата инвестиций в интервале 1...3 лет после их ввода в эксплуатацию, а окупаемость технического перевооружения или постройки новых технологических объектов обычно превышает пятилетний срок. Таким образом, инвестиции в автоматизацию процессов планирования и учета обладают короткими

сроками окупаемости и поэтому должны носить статус приоритетных для НПЗ.

Список литературы

1. Петухов М.Ю. Об актуальности внедрения системы календарного планирования производства и поставок на нефтеперерабатывающем заводе // Автоматизация в промышленности. 2015. №8. С.8-12.
2. Кувыкин В.И., Петухов М.Ю. Построение моделей бизнес-процессов в системах автоматизации НПЗ // Автоматизация в промышленности. 2012. №10. С. 39-42.
3. Дозорцев В.М., Ицкович И.Л., Кнеллер Д.В. Усовершенствованное управление технологическими процессами (АРС): 10 лет в России // Автоматизация в промышленности. 2013. №1. С. 12-19.
4. Кувыкин В.И. Организация автоматизированных систем планирования и материального баланса // Автоматизация в промышленности. 2014. №8. С.29-33.
5. Шайдуллин Р.А., Хохлов А.С., Проказина М.В. Имитационные модели в комплексе календарного планирования производства НПЗ // Автоматизация в промышленности. 2012. №10. С.15-21.
6. Гусев С.Н., Постников В.А. Интегрированная система управления для комплекса нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств // Автоматизация в промышленности. 2010. №8. С 65-68.
7. Петухов М.Ю., Олигов К.А. Оптимизация службы производственного учета и отчетности нефтеперерабатывающего предприятия // Нефтепереработка и нефтехимия. 2014. №8. С.3-7.
8. Петухов М.Ю., Закиев А.Р., Бородин П.Е., Артемьев С.Б. Автоматизация процесса согласования материального баланса на нефтеперерабатывающем предприятии – система Production Balance // Автоматизация в промышленности. 2014. №8. С. 22-28.

Петухов Михаил Юрьевич — канд. физ.-мат. наук, начальник планово-экономического отдела АО «ПЕТРОТЕЛ-ЛУКОЙЛ».

Контактный телефон +40 244504155

E-mail: MPetukhov@Petrotel.lukoil.com

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ «БОЛЬШИХ ДАННЫХ» НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.С. Иванова, А.В. Тюнякин (ООО «ОСИсофт»)

Показана значимость обработки и анализа «больших данных» для решения задач повышения конкурентоспособности промышленных предприятий. Рассмотрены вопросы выбора архитектуры для организации потоков «больших данных» и использования инфраструктуры данных.

Ключевые слова: большие данные, база данных реального времени, Industrial Internet of Things, инфраструктура данных.

Введение

Методы работы с большими объемами технологических данных совершенствовались десятилетиями. Сегодня все большую популярность приобретает Industrial Internet of Things (IIoT) — новая концепция, суть которой сводится к установке на производственном оборудовании большого числа датчиков и сбору с них данных [1–3].

Такие данные в отечественной литературе называются потоковыми данными, временными рядами, но чаще — данными реального времени. Также они являются одним из классов «больших данных» (Big Data).

При правильной обработке и анализе этих «больших данных» с использованием продуманной организации их потоков упрощается решение задач повышения производительности, энергоэффективности и безопасности ТП, поддержания работоспособности оборудования, обеспечения соответствия нормативам, повышения качества производимой продукции и др.

Выбор архитектуры для организации потоков «больших данных»

Перед тем как инвестировать значительные средства в построение архитектуры для организации потоков «больших данных», важно понимать, для решения каких задач она будет использоваться. Необходимо четко определить, с какими классами и объемами

данных этой архитектуре придется иметь дело, какое требуется качество данных, какая часть архитектуры будет отвечать за анализ данных реального времени.

В основе любой архитектуры «больших данных» для решения задач производственных предприятий лежит сервер архивных данных (рис 1), который обеспечивает сбор, хранение и доступ к данным временных рядов для их последующей аналитической обработки. В англоязычной литературе такие серверы называются Historian. В отечественной практике сложилась традиция называть их базами данных реального времени (БД РВ). Примерами таких БД РВ являются OSIsoft PI Server, GE Historian, Wonderware Historian.

Если для решения поставленных задач требуется аналитическая обработка больших потоков данных в реальном времени, то есть в режиме on-line, то в этом случае в дополнение к БД РВ потребуется надстройка в виде платформы потоковой обработки данных.

Если же аналитическая обработка этих данных в реальном времени не требуется, то подойдет платформа пакетной обработки данных.

Для выполнения некоторых задач функционала БД РВ оказывается недостаточно. В этом случае необходимо рассмотреть возможность внедрения инфраструктуры данных реального времени. Такая