

дули ПО системы управления и связи между ними и избежать "спагетти-эффекта".

Модульный подход к построению системы управления имеет множество преимуществ. Например, система управления единицей оборудования может быть заменена или модифицирована без особого влияния на другие модули. Достаточно только потратить некоторое время и средства на создание структурированного описания и разработку модулей. В дальнейшем затраты окупятся за счет возможностей повторного использования и увеличения гибкости систем управления оборудованием.

#### Список литературы

1. *Малыренко И.* Модели архитектуры ИС предприятия: расцвет многоклеточных // PC Week/RE. 2007. № 10.
2. *Решетников И.С., Тупысев А. М. и др.* Стандарты интеграции многоуровневых информационных систем // Автоматизация в промышленности. 2009. № 9.
3. S88 for Engineers (White Paper). World Batch Forum. 2002. <http://www.isa88.org>
4. *Космин А.С.* Базовые принципы стандарта ISA 88 для автоматизации технологических процессов // Молочная промышленность. № 9. 2008.
5. *Parshall J., Lamb L.*, Applying S88: Batch Control from a User's Perspective. ISA. 2000.
6. *Fleming D.*, S88 Implementation Guide. McGraw Hill. 1998.
7. ISA-88, Batch Control, <http://www.isa88.org>
8. Applying ISA 88.01 to Small, Simple Process. World Batch Forum. November. 2006. <http://www.isa88.org>
9. *Решетников И.С.* Информационная система поддержки принятия решений в многоуровневой структуре на примере организации капитального ремонта нефтегазовой компании // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2007. №3.
10. *Sholten B.* Integrating ISA-88 and ISA-95. Instrumentation, Systems and Automation Society. 2007.
11. ISA-88/95 Technical Report. Using ISA-88 and ISA-95 Together. Draft 17. Instrumentation, Systems and Automation Society. 2007. <http://www.isa88.org>
12. Applying S88 to "non-stop" production. World Batch Forum. 2005. <http://www.isa88.org>

*Решетников Игорь Станиславович* — канд. техн. наук, заместитель начальника управления автоматизации, информатизации, телекоммуникаций и связи ООО "Газпром центрремонт",

Контактный телефон (916) 671-19-74. E-mail: [I.Reshetnikov@gazprom.ru](mailto:I.Reshetnikov@gazprom.ru)

*Козлецов Алексей Павлович* — канд. техн. наук, ведущий программист ООО "АМастер",

Контактный телефон (8452)44-70-70. E-mail: [a.kozletsov@amaster.su](mailto:a.kozletsov@amaster.su)

*Анисимов Дмитрий Евгеньевич* — директор департамента MES ООО "Компания "ТЕРСИС".

Контактный телефон (495) 980-73-57. E-mail: [d\\_anisimov@tersys.ru](mailto:d_anisimov@tersys.ru)

## О ПОДХОДАХ К АВТОМАТИЗАЦИИ РЕЦЕПТУРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

А.С. Космин (ООО "Сименс")

*Рассмотрено ПО Simatic Batch, предназначенное для автоматизации рецептурных производств, от компании Siemens. Описаны функции основных модулей, входящих в состав ПО Simatic Batch, прокомментированы особенности их использования на промышленных предприятиях.*

*Ключевые слова: рецептура, партия, Batch процессы, иерархия, модульность, стандарт ISA-S88.*

В переводе с английского языка Batch означает партия, группа или серия (в данном контексте). Партия характеризуется следующими основными признаками:

- наличием четкого начала и конца;
- наличием заданного количества продукции, которое необходимо произвести;
- наличием рецептов;
- разбиением процесса на фазы и операции.

Из этих свойств вытекают важные следствия такие, как присваивание каждой партии определенного номера, запись в БД информации с привязкой к партии, отслеживание партий (Batch tracing) и пр. Для описания Batch процессов в 1995 г. некоммерческой организацией ISA (США) был разработан стандарт ISA-S88, в котором даны основные определения для описания Batch процессов, принципы построения Batch процессов, структуры рецептов, модели, диаграммы состояний процессов и др. Стандарт постоянно развивается и состоит из четырех основных частей, последняя пятая часть "ISA-88 and XML" описывает язык разметки партий BatchML (Batch Markup Language). В рамках данной

статьи не будем углубляться в тонкости данных документов и ограничимся общими понятиями.

Несмотря на то, что с момента выхода стандарта, описывающего Batch процессы, прошло уже 15 лет, далеко не на всех производствах задумываются о соответствии ему систем управления. Рассмотрим основные положения данного стандарта, не углубляясь в детали, и покажем, какие современные решения предлагаются на рынке в настоящий момент.

Отличительной особенностью полноценных Batch решений является их модульность. Даже при наличии на производстве Batch процессов далеко не все участки производства должны быть автоматизированы с применением Batch систем. Но в то же время очень удобно, когда на производстве все АСУТП от одного производителя. При отсутствии возможности подобной интеграции на заводах часто можно увидеть тяжелые суррогаты из Batch систем, на которых строятся как Batch, так и не Batch процессы, либо универсальные решения на SCADA-системах, требующие значительных трудозатрат для выполнения автоматизации, согласно стандарту ISA-S88.

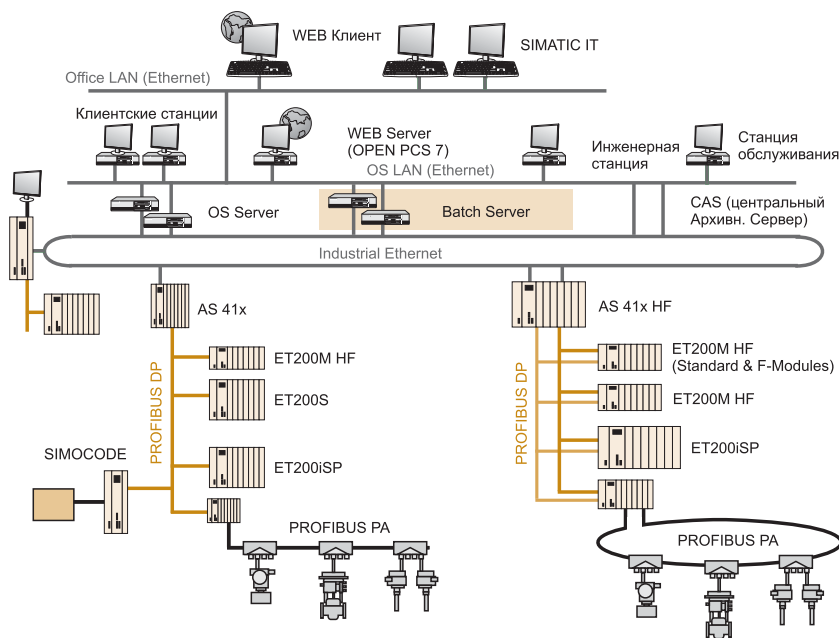


Рис. 1. Архитектура рецептурной АСУТП завода

Для автоматизации рецептурных производств компания Siemens разработала пакет ПО Simatic Batch, в состав которого входит множество различных модулей: контроль за рецептурой (Batch Control Center), редактор рецептов (Simatic Batch Recipe System), рецептурное планирование (Simatic Batch Planning), иерархические рецепты (Simatic Batch Hierarchical), ROP библиотека (Simatic Batch ROP Library – библиотека рецептурных операций), отдельные процедуры/формулы (Simatic Batch

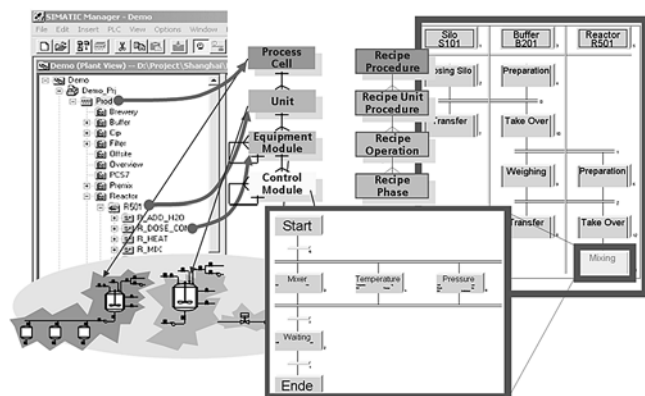


Рис. 2. Реализация модели ISA88, организованная с помощью Simatic PCS7, где согласно положениям стандарта ISA88:

Process cell – логическая группа оборудования, необходимого для производства партии продукта; Unit (Устройства) – набор блоков управления и/или модулей оборудования для выполнения одной или нескольких технологических функций; Equipment module – функциональная группа оборудования, осуществляющего определенные функции (например, нагрев, перемешивание и пр.); Control module – самый нижний уровень оборудования, которое может выполнять базовые функции (например, клапан, насос и т.д.); Recipe procedure – часть рецепта, которая определяет стратегию производства партии; Recipe Unit Procedure – Unit процедура, являющаяся частью процедуры рецепта; Recipe Operation – операция, являющаяся частью процедуры рецепта; Recipe Phase – фаза, являющаяся частью процедуры рецепта

Separation Procedure/Formulas) и функции Simatic Batch API. Система автоматизации, основанная на ПО Simatic Batch, представлена на рис. 1.

Одно из центральных мест в системе автоматизации рецептурных производств занимает Simatic Batch сервер. Все остальные части (инженерная станция, сервер ввода/вывода, центральный архивный сервер и пр.) могут быть выполнены с применением традиционных систем проектирования, например, таких как Simatic PCS7. При этом Simatic Batch сервер может быть резервируемый, причем независимо от остальных серверов. Batch сервер служит для формирования Batch последовательности, отслеживания их выполнения, архивирования соответствующей информации и т.д. При этом в зависимости от размера

объекта автоматизации возможна ситуация, когда все функции реализуются на одном компьютере – одиночной станции. Но по мере роста системы их всегда можно безболезненно разделить, тем самым распределив нагрузку по нескольким серверам.

В системах проектирования применяется древовидная структура (рис. 2). В вершине дерева расположен технологический участок или цех (Process cell). Следующей в иерархии идет установка (Unit), далее модули оборудования (Equipment Module, например, модуль дозирования реагента, модуль мешалки, модуль нагрева и д.т.) и, наконец, модуль управляющего устройства (Control Module, например, датчик, насос, клапан и т.д.). В общей иерархии на производственных мнемосхемах Batch объекты отображаются зеленым цветом; цеха и участки, которые не работают по ISA88, отображаются желтым цветом и автоматизируются с помощью традиционного инструментария – CFC и SFC схем. При автоматизации по ISA-S88 имеет место понятие рецепта. Рецепты в свою очередь тесно связаны с древовидной топологией (рис. 2).

Основным модулем для работы с Batch процессами для составления рецептов и пр. является Simatic Batch Control Center. В приготовлении продукта, как правило, участвуют различные технологические установки, или Units. Они объединяются в рецепте приготовления продукта (рис. 2 – Recipe Unit Procedure) и состоят из рецептных операций (Recipe Operation, например, подготовка воды). Рецептные операции также могут состоять из последовательности шагов или фаз (например, нагрев, ожидание и пр.). Фазы являются элементарными кирпичиками Batch рецептов и логика их работы описывается с помощью средств проектирования Simatic PCS7 или Simatic Step7.

Все рецептные операции синхронизируются между собой с помощью специального инструментария. Например, из силоса нельзя осуществить подачу в буфер-

ный танк, пока не будет завершена операция подготовки продукта в силосе. Таким образом, только после того, как будет завершена фаза подготовки продукта поступит разрешение на выполнение операции в другой установке. Операции могут выполняться как последовательно, так и параллельно. Для составления рецептов существует рецептный менеджер – модуль Simatic Batch Recipe System, позволяющий легко компоновать из уже готовых блоков рецепты, назначать для них оборудование пр. Таким образом сокращаются затраты на проектирование, особенно при наличии нескольких однотипных технологических установок, в которых фазы и операции мало отличаются друг от друга. Например, достаточно один раз описать, как работает фаза перемешивания для танка, чтобы затем простым перетаскиванием мышки в редакторе рецептов в визуальном редакторе формировать новые рецепты.

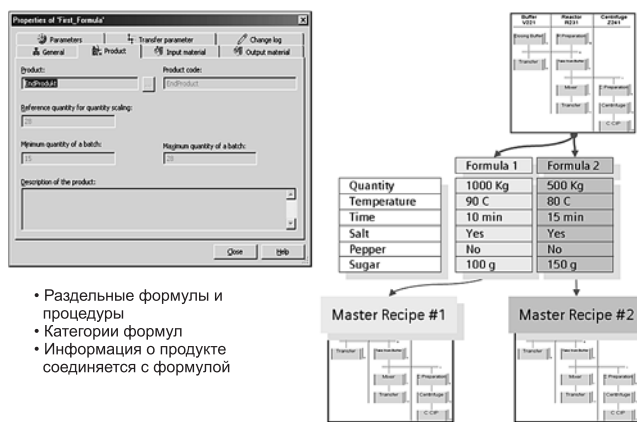
Особенностью Batch процессов является также то обстоятельство, что, если в производстве продукта уже участвует какая то установка, то ее нельзя использовать для производства в то же самое время другого продукта. Это очевидное на первый взгляд свойство должно быть учтено при программировании. Но в случае применения Simatic Batch система сама отслеживает подобные коллизии и блокирует оборудование для других рецептов на время производства конкретного продукта.

В рецептах часто нужно менять начальные уставки, так как сейчас, например, нужно произвести 500 кг продукта, а через какое то время – 1000 кг. Для этого должны быть пропорционально подсчитано количество соответствующих ингредиентов. Можно, конечно, все это запрограммировать на каком-либо языке программирования контроллеров, но поменять что-то технологу будет уже нереально из-за сложности внесения изменений. В Simatic Batch для этих целей предусмотрен механизм Simatic Batch Separation Procedure/Formulas, который позволяет технологу легко настраивать рецептуры (рис. 3).

Что же касается задания различных уставок – температуры, времени и пр., то это может легко осуществить любой оператор.

В процессе выполнения рецептов необходим инструмент, позволяющий отслеживать состояние выполнения рецептов, просматривать текущие уставки, а также при необходимости приостанавливать или отменять выполнение ТП. Такой инструмент тоже предусмотрен, и, если пользователь формирует рецепт, то в системе визуализации ТП автоматически формируются лицевые панели (то есть экранные формы, которые видит перед собой оператор), предназначенные для работы с Batch процессами (рис. 4). При этом уже выполненные операции подсвечиваются зеленым цветом, что позволяет оценить степень выполнения рецепта.

Отметим, что внедрение Batch систем на заводах иногда сопровождается определенными трудностями, связанными с привыканием работать с ними операторов, если они привыкли к различным вольностям, ко-



- Раздельные формулы и процедуры
- Категории формул
- Информация о продукте соединяется с формулой

Рис. 3. Процедуры и формулы – Simatic Batch Separation Procedure/Formula

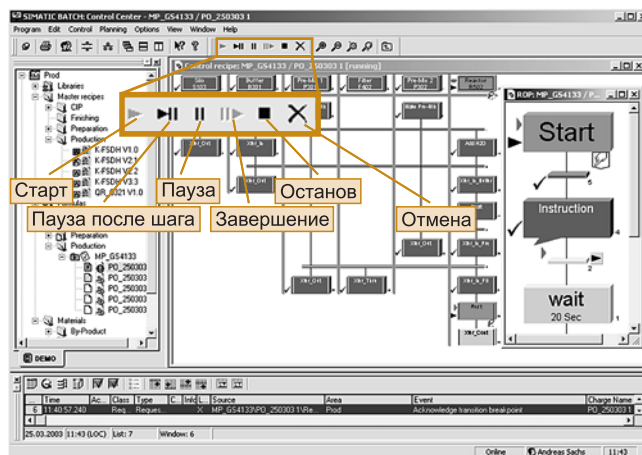


Рис. 4. Выполнение рецепта в on-line – Simatic Batch Control Center

торые были возможны до внедрения данных систем. При работе с рецептурным ПО необходимо помнить, что Batch процессы имеют четкое начало и конец. Операторы иногда пытаются перескочить с шага на шаг, зачастую не задумываясь, что можно потерять часть продукта. В Batch системах такие остановки тоже предусмотрены, но выбор переходов более регламентирован, чтобы их можно было осуществить только с определенных шагов в программе. При этом в системе четко прописываются права пользователей на все манипуляции, чтобы подобные действия мог осуществить только человек, который отдает себе отчет в своих деяниях. Система протоколирует все действия человека, который вошел в нее, после чего всегда можно восстановить хронологию событий.

На рецептурных производствах часто применяются планировщики или системы очередей – Simatic Batch Planning. Это очень удобно особенно, когда требуется выпустить, например, 100 т продукции, в то время как технологическая установка за раз может выполнить только 10 т. Оператор задает общий объем выпускаемого продукта, после чего система автоматически создает соответствующее число партий с учетом наложенных ограничений в свойствах установки. Оператору достаточно просто перетянуть мышкой партии продукции

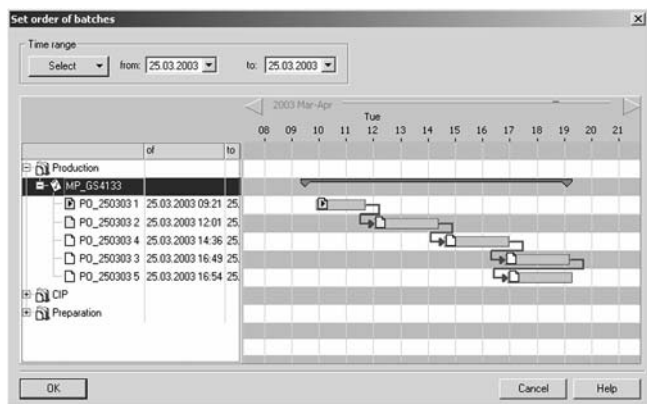


Рис. 5. Планирование Batch процессов – Simatic Batch Planning

относительно друг друга, чтобы определить последовательность и задать время их запуска (рис. 5).

При этом система резервирует установки для соответствующих партий, поэтому можно не опасаться, что произойдет попытка на одной и той же установке одновременно выполнить сразу несколько различных партий.

На производствах с Batch процессами также крайне важным является наличие в них отчетности. При этом все материалы, которые были использованы, а также уставки и показания датчиков должны быть привязаны не просто ко времени, а к конкретным партиям (у которых есть соответствующие номера), а внутри них к соответствующим шагам. Технолог не должен тратить время на то, чтобы сопоставлять, например, температуру, время, партию и шаг. Сделать это затруднительно особенно, если таких параметров десятки. Simatic Batch предоставляет соответствующую информацию в дружелюбном человеку интерфейсе, удобном для восприятия (рис. 6).

На практике многие инжиниринговые фирмы при реализации проектов по автоматизации не задумываются о том, что когда-нибудь нужно будет получать отчетность о работе оборудования, если этот момент не прописан в ТЗ или в системе не установлены специальные Batch модули. Заказчики при этом рассчитывают, что в ходе эксплуатации АСУТП проблемы с получением отчетности не возникнет. К сожалению, в большинстве случаев это не так. Проектировщики в целях экономии просто не закладывают возможность записи данных в БД с привязкой их к Batch процессам. Оно и понятно, это дополнительное программирование. Создание же качественной БД – достаточно трудоемкий процесс. Если этим не озадачиться сразу, то, как правило, проще написать новую систему, чем модернизировать старую. Но это существенные затраты. Именно поэтому лучше всего сразу в договорах-подрядов прописывать соответствие АСУТП стандартам ISA-S88, тогда можно будет обоснованно предъявить претензии фирме-разработчику. Это сподвигнет последних либо на качественное программирование с учетом будущих изменений (как и требует

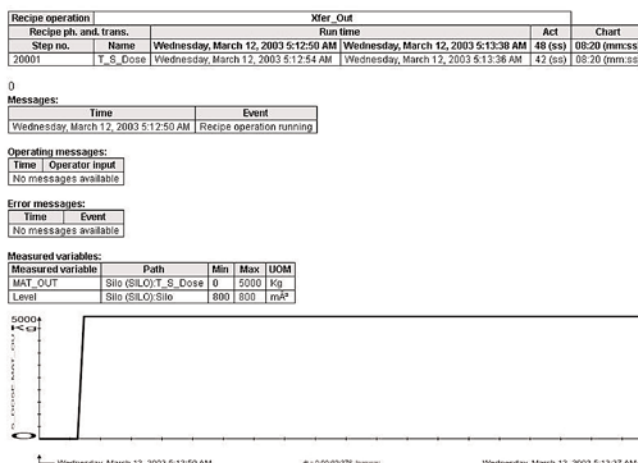


Рис. 6. Отчетность

стандарт), либо на применение уже готовых систем для проектирования Batch процессов, таких как Simatic Batch или dairy library для Simatic PCS7. Если же разработчики не слышали про рецептурный стандарт, то лучше вообще с ними не иметь дела. Правда существует возможность доработать АСУТП, реализованную без учета требований стандарта ISA-S88, используя "сверху" элементы MES Simatic IT. Но это уже отдельная тема, и проще и дешевле все делать сразу правильно.

Как правило, Batch системы предоставляют базовую отчетность. Для построения более сложных отчетов существуют специальные инструменты, например, Crystal reports или более мощная MES – Simatic IT, с помощью которых помимо уровня управления производством можно сформировать отчетность любой сложности. Многие Batch системы работают на ограниченном наборе контроллеров, но, например, Batch для WinCC может стыковаться практически с любым типом контроллеров. Программы при этом пишутся по определенным правилам, что позволяет без лишних затрат объединять разнородные системы. Кроме того, существуют отраслевые библиотеки Batch систем, такие как dairy library для PCS7, учитывающие особенности конкретных ТП, помогая автоматизировать АСУТП для молочной промышленности.

В заключение хотелось бы отметить, что сложно оценить прямой экономический эффект от внедрения современных АСУТП. В случае рецептурных процессов мировой Batch Internet форум приводит следующую статистику – это 20 % сокращение расходов на автоматизированные системы, 30 % сокращение времени на внедрение и изменение системы, сокращение времени на разработку нового продукта от нескольких дней до нескольких часов, снижение отклонения от Batch цикла на 50 % и снижение числа необходимых операторов, обслуживающих систему, на 30 %. Думается, что эти статистические данные убедят читателя в необходимости применения Batch систем и важности следования стандарту ISA-88.

**Космин Александр Сергеевич – ведущий технический специалист ООО "Сименс", Automation&Drives.  
Контактный (495) 223-39-43. E-mail: alexander.kosmin@siemens.com Http://www.siemens.ru/ad/as**