

 **ТЕРСИС**
СИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

* на рынке с 1996 года

**Всё, что нужно
для автоматизации производства!**

- MES - системы управления цехового уровня
- «коробочные» решения для управления производством пластиковых изделий и металлообработки
- комплексные решения для машиностроительных производств всех типов
- системы паспортизации технологических объектов
- системы диспетчерского управления
- системы автоматизации управления ТООР
- интеллектуальные системы комплексного мониторинга потока событий
- интеграция производственных информационных систем
- системы управления теплоснабжением, вентиляцией, кондиционированием и освещением
- проектирование и монтаж промышленных информационных сетей
- производство и поставка серверного оборудования и промышленных терминалов

ООО «Компания «Терсис»
109028, г. Москва, ул.Солянка 1/2, стр.1
тел./факс: +7(495)980-73-57

ISBN 978-5-9903747-5-1



9 785990 374751

веб-сайт: www.tersys.ru
e-mail: info@tersys.ru

www.mescenter.ru

MES - теория и практика, Выпуск 6 (2013)

MES – теория и практика

Выпуск 6 (2013)

Последовательное
производственное планирование
на современном промышленном предприятии

Семантические модели в системах
управления производством

Выбор и внедрение MES-системы

Краткий каталог MES-систем

Сборник составлен при поддержке
Российской рабочей группы
MESA International
www.mescenter.ru
Москва
2013

109028, Москва, Солянка 1/2 стр. 1 • +7 916 671 19 74 • info@mescenter.ru • www.mescenter.ru
Издательство ООО «Нефтегазсофтсервис» • www.ogss.ru

УДК 658.51
ББК 30.605

Составители: И.С. Решетников, А.П. Козлецов

MES – теория и практика. Выпуск 6 (2013), Москва:НГСС, 2013. – 112 с, илл.

ISBN 978-5-9903747-5-1

Сборник содержит материалы по вопросам построения и внедрения систем автоматизации производственных процессов, в частности раздел по планированию производства на различных уровнях, статью по использованию семантических моделей данных в системах управления производством, а также материалы по выбору и внедрению MES-систем. Кроме того, приведён краткий каталог MES-систем, представленных на российском рынке.

Сборник может быть полезен для руководителей промышленных предприятий, инженерно-технических работников, специалистов по автоматизации производственных процессов, студентов и аспирантов учебных заведений.

УДК 658.51
ББК 30.605

Выпуск сборника осуществлён при поддержке:



ООО «Компания «ТЕРСИС»
Россия, г. Москва, 109028, ул. Солянка 1/2, стр. 1
тел./факс: + 7 (495) 980-73-57
www.tersys.ru



MES-центр восточная Европа (Россия)
тел. +7 (916) 671-19-74
www.mescenter.ru

ISBN 978-5-9903747-5-1

© Научно-производственное предприятие «Нефтегазсофтсервис», 2013
www.ogss.ru

Информация о спонсорах:



ООО «Компания «ТЕРСИС»

Россия, г. Москва, 109028, ул. Солянка 1/2, стр. 1
тел./факс: + 7 (495) 980-73-57
www.tersys.ru

Компания была основана в 1997 году и одной из первых в нашей стране выбрала приоритетным направлением деятельности область системной интеграции. Для своих партнеров компания оказывает полный спектр услуг: инжиниринг, поставка, монтаж, аутсорсинг, консультационная поддержка и необходимое обучение персонала. Такой подход наиболее полно удовлетворяет потребностям наших Заказчиков: они не тратят время на непрофильные задачи и получают в готовом виде работающие интегрированные решения для повышения эффективности своего бизнеса.

Деловая репутация и доверие заслуживается годами достойной работы, а теряется за один день. С первых дней работы в компании поддерживается понятие бесценности деловой репутации. Мы гордимся, что одинаково ответственно и внимательно подходим к решению задач всех своих Заказчиков: и крупных компаний, и компаний сектора СМБ, и частных лиц – это одно из принципиальных отличий нашего подхода к работе.



MES-центр восточная Европа (Россия)

тел. +7 (926) 030-MESA
www.mescenter.ru

Российский MES-центр – некоммерческая организация, действующая при поддержке международной ассоциации MESA International

Российский MES-центр обеспечивает весь спектр консультационных и внедренческих услуг по системам производственной автоматизации: проведение обучающих и ознакомительных семинаров, конференций, форумов, референс-визитов, перевод и выпуск тематической литературы, вывод на российский рынок передовых решений в области автоматизации производства, консультационные услуги по вопросам выбора и внедрения MES-систем, проектирование систем управления производством, аудит, технический надзор, сопровождение, внедрение под ключ.

ISBN 978-5-9903747-5-1

MES – теория и практика. Выпуск 6 (2013), М.:НГСС, 2013. – 112 с, илл.

Составители: И.С. Решетников, А.П. Козлецов

Подписано в печать 27.08.2013 г., Формат 60×90/16

Гарнитура Таймс, печать офсетная. Тираж 1000 экз. Заказ № ВЗК-04758-13

Отпечатано в ОАО «Первая Образцовая типография», филиал «Дом печати - ВЯТКА»

© Научно-производственное предприятие «Нефтегазсофтсервис», 2013, www.ogss.ru

Оглавление

Предисловие	3
Ю.Е. Мауэргауз Последовательное производственное планирование на современном промышленном предприятии	5
Введение	5
Основные положения	6
Планирование продаж и производства	13
Объемно-календарное планирование.....	19
Составление расписаний.....	27
Заключение.....	35
Д. Ноллер, Т. Ханис, М. Фельдман, Ч. Гиффорд, Дж. Ашер, У. Бослер Семантические модели в системах управления производством	37
Введение	37
Проблема сложности производства.....	41
Почему именно семантические модели.....	45
На пути к семантическим моделям: эволюция моделей данных	48
Информационная модель - сердце семантической модели	53
Семантические модели.....	58
Собираем общую картину: пример использования.....	65
Заключение.....	68
Об авторах.....	69
Термины и сокращения	70
А.П. Козлецов, И.С. Решетников Выбор и внедрении MES-системы	75
Введение	75
Что даёт использование MES-системы.....	75
Сбор данных	80
Заключение.....	86
Краткий каталог MES-систем	89
О каталоге.....	89
MES-системы, представленные на рынке.....	89

Предисловие

Уважаемый читатель!

Когда в 2009 году выходил первый выпуск цикла сборников «MES – теория и практика», в коллективе составителей были бурные дебаты по поводу будущего. С содержанием первого сборника вопросов не возникало – он был полностью построен на материалах ассоциации MESA International. Но все понимали, что надолго этих материалов не хватит и горячо спорили о будущем.

Все оказались и правы, и неправы. Правы в том, что такой сборник нужен и востребован. Неправы в узкой его направленности, которую каждый видел по-своему. Жизнь текла своим чередом и расставила всё по своим местам. Вы держите в руках очередной, уже шестой по счёту выпуск Сборника. Он логично продолжает и дополняет предыдущие как по содержанию, так и по общей направленности.

Этот выпуск будет интересен всем специалистам, связанным с процессом разработки, внедрения и эксплуатации систем производственного управления. Авторский материал Ю.Е. Мауэргауза обзорно рассказывает о процессах планирования, существующих на современном производстве. Статья большого коллектива авторов описывает новый интересный подход к построению систем производственного управления – семантические модели.

Авторский материал российского MES-центра о выборе MES-системы логически продолжает тему, поднятую в первом выпуске сборника о выборе поставщика решения и о поэтапном подходе к реализации проектов по внедрению MES-систем. Завершает выпуск небольшой справочно-информационный блок, в котором представлен каталог решений MES-уровня, представленных на российском рынке. Ранее мы уже поднимали вопрос стандартизации терминологии, по мере накопления информации будем и дальше публиковать справочные материалы.

Этот сборник, как и предыдущие, не учит «как надо», он лишь подсказывает направление для размышлений. Принимать решение всегда Вам, но лозунг «осведомлён, значит вооружён» в области систем производственного управления актуален как нигде более. Удалось это или нет, судить Вам.

И, как и прежде, ждём Ваших откликов, пожеланий, замечаний на адрес электронной почты i.reshetnikov@mescenter.ru. Мы их обязательно учтём при подготовке следующих выпусков нашего Сборника.

С уважением,
Руководитель Российского MES-центра
И.С. Решетников

Последовательное производственное планирование на современном промышленном предприятии

В статье рассматриваются процессы планирования на различных уровнях управления производственным предприятием: от планирования продаж до составления производственного расписания. Описываются цели, входные данные, средства, а также взаимосвязь между различными уровнями планирования

Введение.....	5	Объемно-календарное планирование	19
Основные положения	6	Цель объемно-календарного планирования и его место в планировании цепочки поставок.....	19
Планирование в сети поставок.....	6	Традиционные методы разработки главного плана.....	22
Масштаб и стратегия производства	7	Разработка главного плана с использованием группового планирования	23
Информационные системы для планирования	9	Номенклатурный план	25
Уровни обработки информации	12	Составление расписаний	27
Планирование продаж и производства.....	13	Связь оперативного и объемно-календарного планирования	27
Источники плана продаж и производства и порядок его разработки	13	Стандартная классификация расписаний.....	28
Оптимизация плана продаж и производства методами линейного программирования.....	15	Расписания с одним критерием качества.....	30
Эффективность планирования продаж и производства и способы ее увеличения	16	Многокритериальные расписания	33
		Заключение	35

Введение

Система производственного планирования и диспетчирования является центральной в производственной деятельности предприятия, поскольку она координирует действия служб технической подготовки, снабжения, производства и сбыта. Это положение относится ко всем предприятиям независимо от профиля их работы и размера. Перечислим основные преимущества эффективной системы планирования.

- Повышение уровня обслуживания потребителей достигается своевременным изготовлением и доставкой продукции. В результате доверие потребителей повышается и можно ожидать дополнительных заказов.
- Систематический контроль за уровнем запасов обеспечивает снижение расходов на закупаемые материалы и компоненты, а также на незавершенную продукцию. В то же время сохраняются страховые запасы, достаточные для гашения колебаний потребительского спроса.
- Тщательно планируется загрузка оборудования. Это позволяет точно установить узкие места и принять меры для повышения их производительности.
- Планируется своевременная работа транспорта для перевозок между цехами.

- Уменьшается простаивание персонала, поскольку материалы, инструменты, заготовки подаются своевременно.
- Облегчается взаимодействие подразделений и улучшается психологический климат в коллективе предприятия.
- Зачастую снижается необходимость в капитальных вложениях.

В современных условиях, как правило, осуществляется планирование со сколь-зким горизонтом, когда заказы принимаются в произвольный момент времени. При этом их необходимо встроить в уже сформулированную производственную программу, и отгрузить потребителям по мере выполнения. В этом случае для каждого заказа система планирования позволяет рассчитать ожидаемую дату изготовления с учётом имеющейся загрузки оборудования, наличия сырья на складе и возможностей персонала. Для решения данной задачи необходим инструмент поддержки принятия решений, который позволяет рассчитать момент времени, когда заказ будет отгружен и какие ресурсы для этого нужны.

В процессе исполнения плана накапливаются отклонения хода производственного процесса (поломки оборудования, брак, отсутствие каких-либо компонентов на складе), которые нарушают изначальную схему работ. В связи с этим для контроля процессов и оперативного их перепланирования необходим механизм обратной связи с производственными подразделениями. При этом, как правило, скорость расчёта/перерасчёта оперативного производственного расписания должна составлять минуты, максимум десятки минут.

Важным моментом является то, в какой форме система планирования предоставляет информацию для анализа. Табличная форма в виде нарядов на работы удобна для передачи расписания в печатном виде для исполнения в цех, но имеет весьма ограниченные возможности интерактивной корректировки. Для анализа и изменения планов наиболее удобной формой представления информации считается диаграмма Ганта. Бывают полезны дополнительные диаграммы, служащие для анализа загрузки оборудования, движения материалов на складе с указанием прогнозного состояния склада, ключевых показателей эффективности и потребления энергоресурсов, а также для формирования списка запаздывающих/опережающих производственных заказов.

Основные положения

Планирование в сети поставок

В современных условиях для организации, поставляющей продукцию на рынок, работа по продаже этой продукции не заканчивается ее отгрузкой с территории предприятия-изготовителя. Часто для доведения продукции до потребителя требуется сбытовая сеть, включающая распределительные центры и предприятия розничной торговли. Кроме того, производство в организации (компании) может быть рассредоточено по нескольким территориальным площадкам (подразделениям). Совокупность таких подразделений и сбытовой сети образует цепочку поставок изготовления и сбыта (рис. 1).

Такая цепочка поставок в литературе последних лет именуется «расширенным предприятием» (Extended Enterprise). Производственное планирование для расши-

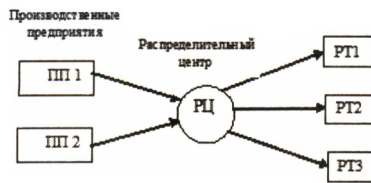


Рис. 1. Сбытовая цепочка поставок



Рис. 2. Схема интегрированного процесса планирования

ренного предприятия, наряду с издержками при производстве, должно учитывать транспортные расходы и издержки хранения во всех звеньях цепочки, при этом последовательность планирования (этапы планирования) и его содержание не изменяются.

На рис. 2 приведена широко распространенная схема интегрированного процесса планирования, предложенная Hitachi Consulting. Как следует из этой схемы, на верхнем уровне планирования находится стратегическое (бизнес) планирование, которое обычно пересматривается один раз в год.

Планирование продаж и производства (Sales and Operations Planning) относится к тактическому среднесрочному планированию и проводится не чаще одного раза в месяц. Одновременно уточняются состав сети (Network Optimization) и финансовый план (Budget/Financial Planning).

Остальные виды планирования относятся к тактическому краткосрочному и оперативному планированию. Отдел производственного планирования каждую неделю (декаду) уточняет значения фактического спроса (Demand Planning) и проводит регулярное объемно-календарное планирование (Production Planning). В соответствии с параметрами этого планирования корректируются планы снабжения (Sourcing/Procurement Planning) и транспортировки (Logistic Planning). На нижнем

Основные типы производства	Масштаб производства
1. Одиночная машина	Любой возможный масштаб производства
2. Несколько параллельных машин	Массовый, крупносерийный
3. Синхронизированное поточное производство	Массовый с модификациями или крупносерийный
4. Предметно-замкнутый участок	Серийный, мелкосерийный
5. Универсальное производство	Мелкосерийный и индивидуальный
6. Проектное производство	Индивидуальный

Рис. 3. Связь типа производства и его масштаба

уровне осуществляются ежедневное планирование и диспетчирование (Production Execution), закупки (Purchasing) и перевозки (Logistic Execution).

Масштаб и стратегия производства

Характер планирования сильно зависит от использования на производстве той или иной технической структуры, которая тесно связана с его масштабом (рис. 3).

Наиболее универсальным с точки зрения масштаба, является применение одной машины. Более сложные технические структуры тяготеют либо к большому, либо к малому масштабу производства. Промежуточным является случай не синхронизированного поточного производства (предметно-замкнутого участка), при котором характерный для массового производства поточный способ комбинируется с некоторыми возможностями универсального производства.

Стратегия производства характеризует степень готовности выпускаемой продукции к удовлетворению потребительского спроса. Эта степень готовности определяет скорость реагирования производственного предприятия на получаемые им заказы и очень существенно влияет на статус предприятия на рынке. Известны четыре стратегии производственной готовности:

- производство «на склад» (make-to-stock, MTS);
- производство «под заказ» (make-to-order, MTO);
- сборка «под заказ» (assemble-to-order, ATO);
- разработка «под заказ» (engineer-to-order, ETO).

Разница в производственной стратегии фактически заключается в выборе глубины проникновения влияния внешних заказов в производственную деятельность. Эта связь показана на рис. 4.

На рис. 4 видно, как точка проникновения заказов (decoupling point), соответствующая границе серой области, перемещается в глубину производственной деятельности по мере приближения стратегии к отслеживанию внешних заказов.

На выбор стратегии производства влияют длительность производственного цикла, допустимое время ожидания выполнения заказа в конкурентной среде, необходимость адаптации продукции к требованиям покупателя, наличие достаточных

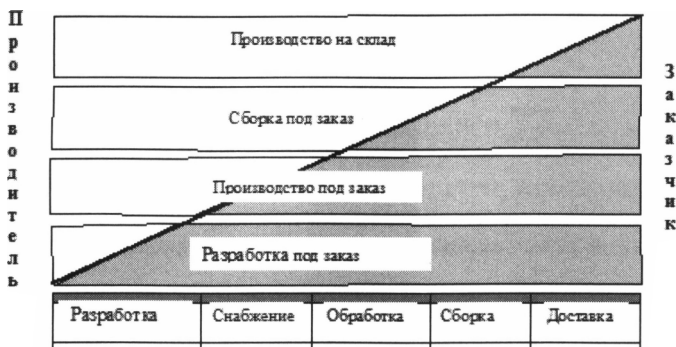


Рис. 4. Глубина проникновения заказов для разных производственных стратегий

оборотных средств и т.д. Может показаться, что выбор стратегии производства жестко связан с его масштабом, однако это не всегда так. Стратегия «на склад» может использоваться даже при мелкосерийном производстве, если наблюдается достаточно постоянный спрос. Если в этом случае возможно варьирование состава продукции при заказе, то стратегия «на склад» видоизменяется в стратегию «сборка под заказ», при которой основная масса компонентов все же изготавливается «на склад». В то же время стратегия «под заказ» часто используется при крупносерийном производстве.

Информационные системы для планирования

Поддержка различных видов планирования осуществляется различными информационными системами. В настоящее время существуют 4 типа информационных систем, в которых предусматривается планирование производства и поставок на различных уровнях:

- система планирования ресурсов предприятия (Enterprise Resource Planning, ERP);
- исполнительная система производства (Manufacturing Execution System, MES);
- система «продвинутого» планирования (Advanced Planning System, APS);
- система управления цепочками поставок (Supply Chain Management, SCM).

На рис. 5 показаны возможности планирования на разных уровнях для систем вышеперечисленных типов. Как видно из рисунка, ни один из перечисленных типов информационных систем не предусматривает использование каждого из этих уровней. В наиболее распространенных (и давно разработанных) ERP-системах обычно нет уровня стратегического (бизнес) планирования, но существует полный набор функций для производственного планирования, включая составление расписаний на цеховом уровне. ERP-системы относятся к классу т.н. транзакционных систем,

Административный уровень	ERP -системы	APS –системы	MES - системы	SCM - системы	Степень детализации плана
Корпорация (цепочка поставок)	-	Долгосрочное (стратегическое) планирование	-	Координация цепочки поставок	Агрегированный
Дирекция предприятия	-		-	-	Агрегированный
Планово-экономическая служба	План продаж и производства	Среднесрочное (тактическое) планирование			Агрегированный
Планово-производственная служба	Главный план производства		-	-	Агрегированный частично
	Номенклатурный план (план по материальным ресурсам)		Планирование совместной работы цехов		Детализированный по составу
Цех	Оперативный план	Краткосрочное планирование	Планирование работы цеха	-	Детализированный по операциям

Рис. 5. Охват уровней планирования информационными системами

в которых каждая хозяйственная операция (транзакция) связана с накоплением исходных данных или их обработкой для получения выходных отчетов по этим данным.

В более новых MES-системах и, тем более в специальных APS-системах, используются нормативные (оптимизационные) модели, функционирующие на основе специально подготовленной базы данных. Такая база данных создается в рамках референтной модели и необходима для выработки решений.

При разработке первых APS-систем предполагалось, что их область применения окажется весьма широкой – от корпоративного уровня до цехового. При этом все эти уровни должны были обеспечиваться тремя видами планирования – долгосрочным (стратегическим), среднесрочным (тактическим) и краткосрочным (оперативным). Поскольку APS-системы не обладают исходными данными о продукции, оборудовании, кадрах и т.п., то их эксплуатация возможна только совместно с ERP-системами. При этом приходится для решения задач перегружать данные в APS-систему, добавлять в эту систему данные, необходимые для решения и отсутствующие в ERP-системе, а полученные результаты возвращать в ERP-систему для их практического использования.

Использование столь сложного механизма обработки данных на практике привело к достаточно ограниченным возможностям APS-систем. В настоящее время эти системы, по-видимому, целесообразно использовать на уровне разработки стратегического плана для корпорации в целом и отдельного предприятия, а также на уровне составления главного плана производства. Краткосрочное планирование с помощью этих систем обычно имеет смысл для крупномасштабного процессного производства при относительно большом (на неделю и более) горизонте планирования.

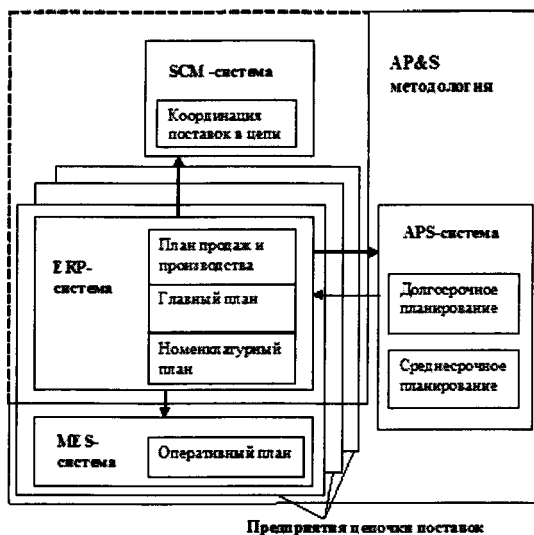


Рис. 6. Методология AP&S и модули планирования информационных систем

Следует отличать методологию AP&S от собственно систем APS. Естественно, что специально разработанные системы APS используют методологию AP&S, однако последняя может применяться в различных других системах, включая ERP-системы. Главным отличием методов продвинутого планирования и составления расписаний (Advanced Planning and Scheduling, AP&S) является не столько использование математических методов поиска оптимальных решений, сколько представление о планировании как о динамическом процессе. Этот способ планирования обычно использует представление о «скользящем» горизонте, при котором в каждый момент планирования плановое решение готовится на некоторый предстоящий интервал времени, который не обязательно должен быть постоянным. Вторым отличительным признаком методологии продвинутого планирования является обязательный анализ имеющейся информации с целью поддержки принимаемых решений. При этом, как правило, устанавливаются критерии качества принимаемого решения и выбираются методы достижения высоких значений этих критериев. Третьим обязательным признаком этой методологии является учет различных ограничений, прежде всего по мощности, непосредственно в процессе планирования. На рис. 6 графически (стрелками) иллюстрируются связи между различными информационными системами, работающими на предприятиях и в цепочке поставок, а также методологией AP&S. На этом рисунке отображены только модули информационных систем, применение которых нашло широкое распространение. Поэтому не показаны модули краткосрочного планирования APS и ERP систем, модули управления цепочками в APS системах и планирования в SCM-системах.

Уровень	Тип системы или ее состав	Основные функции	Диапазон времени
4	ERP	Технико-экономическое планирование, распределение ресурсов и учет	Дни, недели, месяцы
3	MES	Внутрицеховое планирование и управление	Минуты, часы
2	SCADA, LIMS	Анализ и управление технологическим процессом	Секунды, минуты
1	Базовые системы контроля (программные устройства, контроллеры)	Задание программ работы	Миллисекунды, секунды
0	Датчики, сенсоры	Сбор информации	Непрерывная шкала времени

Рис. 7. Характеристики информационных уровней согласно стандарту ISA-95

В литературе существуют различные, а иногда и противоречивые мнения о месте продвинутого планирования в информационных системах. Часто утверждается, что APS-системы должны применяться на уровне долгосрочного и среднесрочного планирования, а MES-системы – при краткосрочном планировании, что близко к существующей практике. В то же время в некоторых книгах по MES-системам полагается, что APS-система должна включаться непосредственно в состав MES-системы.

По всей вероятности, последнее утверждение проистекает вследствие того, что отождествляются понятия APS-системы и AP&S методологии. Действительно, разработчики модулей планирования MES-систем, как правило, с самого начала вынуждены использовать вышеперечисленные основные принципы AP&S методологии – динамичность, оптимизацию и учет ограничений, поскольку в противном случае рассчитанные планы будут либо нереальны, либо иметь низкое качество. В то же время внутри MES-системы какой-либо отдельной APS-системы обычно не существует.

Уровни обработки информации

В качестве основы информационной поддержки бизнес-процессов стандарт ISA-95 рассматривает ERP-систему и устанавливает терминологию и правила интеграции ERP-системы с другими системами на предприятии. Стандарт предусматривает 5 уровней обработки информации, отражающей производственную деятельность предприятия. На рис.7 приведено описание этих уровней.

Нижний (нулевой) информационный уровень представляют элементы сбора данных (датчики), первый уровень – устройства с программным управлением (например, контроллеры станков с ЧПУ). На втором уровне находятся автоматизированные системы диспетчерского управления SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), взаимодействующие с оборудованием. Кроме того, ко второму уровню также относятся т.н. лабораторные информационные системы LIMS (Laboratory Information Management Systems), обеспечивающие контроль и анализ протекающих технологических процессов в реальном масштабе времени.

SCADA и LIMS-системы обеспечивают информацией MES-системы, находящиеся на третьем уровне; решения MES, в свою очередь, предоставляют агрегированную информацию для ERP-систем верхнего уровня управления.

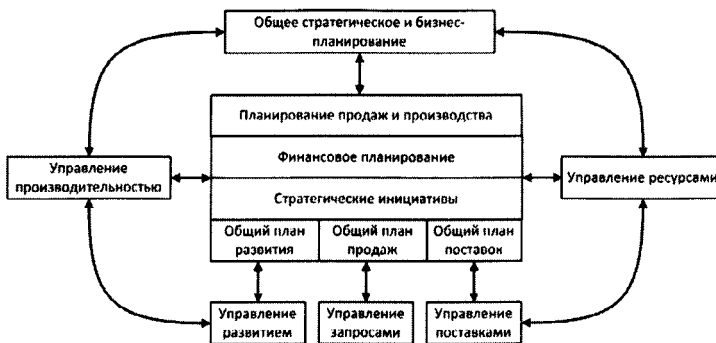


Рис. 8. Движение информации при составлении плана продаж и производства

Чем ниже уровень обработки информации, тем быстрее должна быть соответствующая реакция. Как следует из рис. 7, диапазон реагирования в производственных информационных системах очень велик: на нижнем уровне ответная реакция часто должна быть практически мгновенной, а на верхнем уровне процесс принятия решения может занимать несколько месяцев.

Планирование продаж и производства

Источники плана продаж и производства и порядок его разработки

Обычно планирование продаж и производства (Sales and Operations Planning, S&OP) проводится планово-экономической службой предприятия на основе информации, получаемой от других подразделений.

На рис. 8 показана схема движения информации, предложенная Oliver Wight Americas, Inc. План продаж и производства составляется, прежде всего, на основании бизнес-планирования (Integrated Strategic and Business Planning) с целью обеспечить намеченные показатели последнего. Для оценки возможностей предприятия устанавливаются показатели пропускной способности и загрузки оборудования (Resource Management), снабжения (Supply Management) и сбыта (Demand Management). Кроме того, учитываются перспективы организационного и технического развития (Development Management) и качества продукции (Performance Management).

Процесс планирования продаж и производства является спрос-ориентированным. В начале этого процесса необходимо определиться с положением предприятия на рынке в рассматриваемом временном интервале. Для этого нужно ответить на три вопроса (George E. Palmatier, Oliver Wight Americas, Inc.):

- Что хотят приобрести наши потребители?
- Что мы хотели бы подготовить к продаже?
- Что мы имеем к продаже?

Ответы на эти вопросы могут быть получены путем опроса соответствующих служб и экспертов в агрегированном виде, т.е. по группам выпускаемой продукции. На основании полученных данных должны быть составлены агрегированные планы снабжения (Aggregate Supply Plan), продаж (Aggregate Sales Plan) и развития (Aggregate Development Plan), разработаны инициативные решения (Strategic Initiatives) и принят агрегированный финансовый план (Financial Planning and Aggregation).

При ежемесячном планировании выявляются и устраняются несогласованности между отдельными планами и конфликтные ситуации между службами предприятия. Практика использования S&OP планирования показывает (Palmatier, Oliver Wight Americas, Inc.), что компании начинают внимательно относиться к S&OP после того, как оказывается, что для длительного успеха на рынке недостаточно иметь лидирующее положение в определенных, но ограниченных, видах продукции.

Применение S&OP планирования часто выявляет существующие несоответствия между спросом и производством, и первой задачей планирования является устранение этого дисбаланса. Кроме количественного балансирования агрегированного спроса и предложения, существенное значение имеет соотношение обусловленного рынком времени поставок и фактической длительности производственного цикла. Анализ этого соотношения позволяет выбрать правильную производственную стратегию: «производство на склад», «производство под заказ», «сборка под заказ», «проектирование под заказ».

Регулярное балансирование спроса и предложения приводит к тому, что при каждом новом S&OP планировании необходимы изменения в финансовом плане. Т.к. S&OP планирование проводится ежемесячно, то параметры стратегического плана должны подвергаться корректировке с той же частотой. Плановый горизонт S&OP планирования обычно находится в интервале 18-24 месяцев. Поэтому значения налоговой нагрузки на каждый плановый год также подвергается многократной корректировке. В результате процесс бюджетирования из ежегодного превращается в непрерывный.

При составлении плана продаж и производства необходимо установить правильное соотношение между планированием агрегированной продукции и ее детализацией. Необходимость в обязательном планировании агрегированных групп обусловлена тем, что составление достаточно адекватного баланса спроса и производства на некотором продолжительном периоде возможно только на агрегированном уровне.

План по агрегированным группам продукции может рассчитываться в различных единицах измерения. Наиболее общим показателем, конечно, является объем производства в стоимостном выражении. Этот показатель, однако, мало что говорит менеджерам производства и сотрудникам служб снабжения. Для этих работников более удобными являются, например, показатели выпуска в натуральных единицах, тоннах, или даже в нормочасах.

Количество агрегированных групп, как правило (Vollmann T.E., Berry W.L., Whybark D.C., Jacobs F.R. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management, 2005), находится в пределах от 6 до 12. Такое группирование позволяет охватить основные виды продукции и должным образом анализировать их вклад в получаемый доход, производство и использование ресурсов. Агрегирование продукции в группы может проводиться по самым различным параметрам: по виду продукции; по размеру или свойствам; по сегментам рынка и даже отдельным по-

требителям и т.д. Наиболее часто и удачно продукция агрегируется по товарным группам, представленным на рынке.

План производства по группе в определенный период не обязательно равен прогнозируемому спросу в этом периоде. Объем выпуска в некотором периоде может обеспечивать спрос будущих периодов, а может быть по каким-либо причинам и меньше текущего спроса.

Порядок разработки плана на примере лучших образцов сводится к следующим мероприятиям (AMR Research, 2009).

- Сбор данных по продажам.
- Разработка плана продаж.
- Обсуждение плана продаж и его корректировка.
- Разработка вариантов плана продаж в зависимости от возможных вариантов снабжения.
- Разработка плана продаж и производства с учетом ограничений по мощностям;
- Проведение анализа плана с учетом возможных отклонений спроса.
- Рассылка проекта плана и проведение согласований.
- Окончательное редактирование плана.
- Рассылка окончательного варианта плана

Наиболее распространенным способом планирования продаж и производства является составление таблиц, содержащих значения соответствующих показателей в различные интервалы времени – обычно помесечно. В таких таблицах для каждого агрегированного продукта указываются значения прогноза и фактического сбыта за прошедшие месяцы (обычно за квартал), значения прогноза на несколько предстоящих месяцев (обычно на полугодие). Важным показателем плана производства является величина запланированной ежемесячной производственной загрузки. Планируемая величина запаса на конец каждого периода обычно устанавливается нормативом запаса в днях расходования.

Оптимизация плана продаж и производства методами линейного программирования

Основным критерием качества плана продаж и производства (операций) является величина возможной получаемой прибыли. Существует очень большое количество различных формулировок таких задач для оптимизации планов продаж и производства. Ограничимся здесь задачами, в которых используется стратегия, близкая к стратегии преследования, т.е. случаями, когда количество продаваемой продукции должно стремиться к прогнозируемым значениям спроса. Разумеется, это не значит, что количество продукции, производимой в течение некоторого периода, должно быть точно равно количеству, продаваемому в этот период, хотя такое совпадение и желательно «в среднем» за несколько периодов.

Если полагать, что количество продаваемой продукции во всех агрегированных группах определяется прогнозом спроса, а цены установлены и не изменяются, то величина возможного дохода полностью определяется этим спросом. В таком случае наилучшим вариантом плана становится такой, при котором минимизируются значения производственных издержек.

Рассмотрим случай оптимизации при параллельном выпуске n групп продукции, причем масштабы планируемого производства ограничиваются мощностью одного рабочего центра (подразделения). Как указывалось в предыдущем пункте, целевой функцией, в общем случае, является получаемая прибыль. Поэтому будем искать такой набор независимых переменных задачи на некотором горизонте планирования h , которые обеспечивают наибольшее возможное значение прибыли Π .

Значения издержек определяются непосредственными затратами на исходные материалы и оплату труда, расходами на набор и увольнение персонала, на хранение изготовленной, но не проданной продукции, а также на поддержание простаивающего производства в работоспособном состоянии. Не вдаваясь в подробное описание ограничений по мощности оборудования, наличию страховых запасов, балансу персонала и т.п., рассмотрим пример, приведенный на рис. 9, полученный при помощи MS Excel.

В верхней части электронной таблицы записаны параметры трех групп продукции, а также календарно-плановые нормативы. Все цены и стоимости указаны в тыс. руб., количества – в единицах измерения продуктов, фонды времени – в часах, трудоемкости – в нормочасах. Следующая часть таблицы содержит данные о спросе для каждой группы по периодам до горизонта планирования. Величины продаж и производства являются независимыми переменными, значения которых определяются в результате расчета.

В нижней части таблицы сосредоточены основные расчетные параметры: стоимость материала и стоимость хранения; количество часов сверхурочной работы и простоя оборудования. Кроме того, здесь рассчитываются суммарная загрузка и загрузка узкого места, а также ежемесячные возможности сверхурочной работы и наибольшей загрузки оборудования. Количества вновь принимаемых и увольняемых сотрудников являются независимыми переменными задачи. В самом низу таблицы приведены расчетные значения затрат, дохода и прибыли.

В приведенном примере полное удовлетворение спроса невозможно из-за ограничения по мощности узкого места. Решение задачи оптимизации показывает, что при заданной структуре цен и затрат в первую очередь целесообразно обеспечить спрос по группе 3, затем по группе 2, только в последнюю очередь – по группе 1. Поскольку имеет место большой спрос, который даже невозможно удовлетворить, простои производства оказываются незначительны.

Задачи приведенного типа весьма разнообразны. В них могут использоваться самые различные ограничения: по потребляемой энергии, наличию персонала определенной специальности, размеру оборотных средств в течение некоторых периодов и т.д. в зависимости от реальной ситуации, а также фантазии разработчика. В то же время для большинства подобных задач решение может быть получено при помощи электронных таблиц, вполне аналогичных приведенным выше.

Эффективность планирования продаж и производства и способы ее увеличения

Несмотря на то, что отсутствие агрегированного плана продаж и производства или его некачественное составление зачастую приводит к целому ряду неприятных последствий – излишним товарным и материальным запасам, низкому показателю уровня обслуживания заказчиков, простоям мощностей и т.п., далеко не все

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Оптимизация плана для нескольких групп с ограничениями								Календарно-плановые нормативы					
2									Фонд времени сотрудника в день					8
3									Месячная зарплата с начислениями					35
		Параметры продукции												
		Полн. трудоемкость узкого	Стоим. места	Стоим. материала	Стоим. хранения	Страховой запас	Нач. запас	Цена за ед. изм.						
4	Группа	1	12	1	0,5	0,05	90	100	8	Один час сверхурочных работ				0,4
5		2	15	2	0,8	0,06	100	100	10	Максимум сверхурочных в месяц				40
6		3	6	0,5	0,3	0,03	130	100	4	Набор одного сотрудника				15
7										Увольнение одного сотрудника				30
8										Один час простоя				0,05
9										Начальное количество сотрудников				48
10										Мощность узкого места, час/день				48
11										Постоянные расходы в месяц				2000
12		Спрос по группе				Продажи			Производство			Запас		
13	Месяц	Работ. дни	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
14	Апрель	22	350	420	300	52,19	398,7	298,9	42,19	398,7	328,9	90	100	130
15	Май	21	360	340	350	100	340	350	100	340	350	90	100	130
16	Июнь	22	330	367	350	99,6	366,99	350	99,6	367	350	90	100	130
17	Июль	22	300	360	383	91,84	360	383	91,84	360	383	90	100	130
18	Август	23	300	360	383	107,7	359,99	382,7	107,7	360	418	90	100	165
19	Сентябрь	23	330	413	400	70,51	409,83	392,1	70,51	409,8	356,8	90	100	130
20														
		Суммарная загрузка	Сверхурочное	Максимум	Стоимость хранения	Стоимость оборудования	Производство узкого места	Загрузка узкого места	Мощность узкого места	Полное количество сотрудников	К-во новых нанимать	К-во увольнять		
21	Месяц	ка	час	очн. иала	ния	ования	места	места	ников	ник	дник.			
22	Апрель	8448	0	880	438,1	14,4	0,0008	1003	1058	48	0	0		
23	Май	8400	0	840	427	14,4	0,0004	955	1008	50	2	0		
24	Июнь	8800	0	880	448,4	14,4	0,0003	1009	1056	50	0	0		
25	Июль	8800	0	880	448,8	14,4	0,0034	1003	1056	50	0	0		
26	Август	9200	0	920	467,2	15,46	0,0003	1037	1104	50	0	0		
27	Сентябрь	9135	118,6	920	470,2	14,4	0	1069	1104	49	0	1		
28														
29		Суммарные затраты, доход и прибыль												
30		Зарплата	Сверхурочное	Производство	Набор	Увольнение	Хранение	Материал	Пост. расход	Всего затрат	Доход	Прибыль		
31		10395	118,6	0,0003	30	30	87,459	2700	12000	25381	34105	8744		

Рис. 9. Оптимизированный план продаж и производства

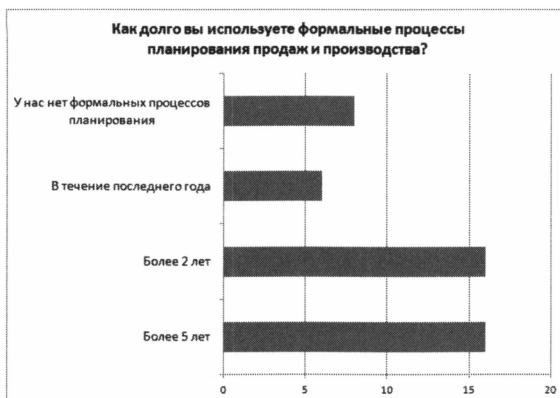


Рис. 10. Распространение планирования продаж и производства

предприятия составляют такие планы. На рис. 10 показаны результаты исследования, проведенного JDA Software Group, Inc. в 2011 году для 46 американских предприятий.

Как следует из рис. 10, подавляющее большинство предприятий (38 из 46) либо уже применяет планирование продаж и производства, либо начинает его осуществление. Анализ результатов использования такого планирования позволил JDA Software Group сделать вывод о том, что повышение опыта планирования продаж и производства приводит к существенному улучшению показателей планирования. В частности:

- среди компаний с 5-летним опытом 63% заявили о достаточной высокой точности делаемых прогнозов. Для сравнения, среди компаний с двухлетним опытом такой точности удалось добиться только 45%;
- аналогично в компаниях с 5-летним опытом 69% считают, что им удалось установить оптимальные размеры запасов. Среди компаний с двухлетним опытом так полагают только 61%;
- наконец, в компаниях с 5-летним опытом 75% полагают, что качество разработанного таким образом плана производства вполне удовлетворительное. Для компаний с двухлетним опытом так считают только 68%.

Большой интерес представляет опыт предприятий, достигших существенных результатов в S&OP планировании. Исследование в этом направлении было проведено Aberdeen Group в 2005 г, в котором, на наш взгляд, наиболее показательны два примера.

В первом случае изучалось планирование на крупном химическом предприятии. Предприятие обратилось к использованию S&OP планирования, прежде всего, чтобы улучшить прогнозирование спроса и, соответственно, уменьшить резкие изменения в планах производства. На предприятии к этому моменту уже действовала достаточно мощная ERP-система. Это дало возможность установить дополнитель-

но специальную систему прогнозирования и планирования Smart Software, которая, пользуясь статистическими данными (транзакциями) ERP-системы, позволила значительно приблизить прогнозы к реальности.

В результате предприятие смогло перейти к гибкой политике запасов. По некоторым, позициям, наиболее важным для положения на рынке, был обеспечен уровень выполнения заказов в 90-95%. По большинству позиций, обеспечивающему 80% дохода, был установлен уровень выполнения заказов 85%, а по остальным – более низкий уровень. Такая политика позволила снизить товарные запасы на 5%, а отказы в выполнении заказов на 60%.

Второй пример относится к машиностроительному предприятию среднего размера, на котором имеется набор различных программных средств, включая относительно простую ERP-систему, базы данных которых могли конвертироваться с помощью MS Excel. Соответственно, просмотр и анализ данных, полученных различными службами, был затруднен и требовал значительного времени. Предприятие явно нуждалось в специальном средстве для анализа имеющейся информации для составления прогнозов, планирования и бюджетирования.

С этой целью был установлен пакет CONTROL многомерного анализа данных (On-Line Analytical Processing, OLAP), который был подключен ко всем хранилищам информации на предприятии. Это программное обеспечение дало возможность распространить имеющиеся статистические данные о спросе на будущее, а также рассматривать различные возможные сценарии изменения спроса. Кроме того, стало возможным анализировать различия в потребностях отдельных регионов и заказчиков, выявлять появляющиеся тренды и т.п. Одним из результатов использования программного пакета стало уменьшение времени составления бюджета подразделений с трех месяцев до трех недель.

AberdeenGroup в своем исследовании обращает внимание информационных служб предприятий на необходимость тщательного отбора данных для S&OP планирования. Практика показывает, что фактически при планировании необходимо не более 15 – 20 % данных, находящихся в информационных хранилищах. Излишние данные существенно замедляют работу OLAP пакета и затрудняют анализ.

В заключение приведем несколько простых правил, улучшающих процесс планирования продаж и производства, и предложенных David L. Anderson, Supply Chain Ventures, 2008.

- Производитель продукции не должен полностью полагаться на данные о сбыте его продукции, поступающие из розничной продажи. Для контроля необходимо специальное исследование, которое может быть проведено доверенными лицами.
- План продаж и производства должен контролироваться непрерывно, а не только на специальных (ежемесячных) совещаниях. Для этой цели может быть назначен специальный сотрудник; кроме того, можно воспользоваться специальным программным обеспечением.
- В процессе планирования следует предусматривать внедрение нового и прекращение выпуска старого продукта, хотя при этом не обязательно устанавливать точные даты этих состояний.
- Для обсуждения плана продаж и производства в службах предприятия целесообразно использовать внутреннюю компьютерную сеть.

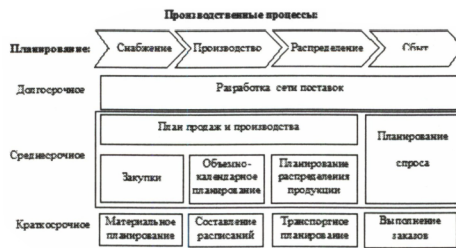


Рис. 11. Модули планирования для матрицы цепочек поставок

- При составлении плана следует учитывать распределение запасов в цепочке поставок, причем возможно хранение части запасов непосредственно на территории потребителя.

Объемно-календарное планирование

Цель объемно-календарного планирования и его место в планировании цепочки поставок

Объемно-календарное планирование (Master Planning Scheduling, MPS) проводится для определения количественных показателей выпускаемых продуктов в привязке к временным отрезкам планирования в пределах всего срока планирования. При этом необходимо:

- спланировать сроки производства готовой продукции и своевременно выполнить заказы;
- избежать перегрузки производственного оборудования;
- обеспечить эффективное использование производственных мощностей и оптимальные производственные затраты.

В настоящее время широкую известность приобрела методика проведения объемно-календарного планирования как одной из составляющих планирования в цепочке поставок. На рис. 11 представлена схема модулей планирования, которая является несколько модифицированной матрицей цепочек поставок (Meyr, H., Wagner, M., Rohde, J., Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies, 2008).

Матрица цепочек поставок разработана фирмой SAP в рамках ее концепции использования APS системы. Эта концепция предусматривает накопление данных в транзакционной (on-line transaction process, OLTP) системе R3, передачу данных в специальную базу данных планирования, проведения планирования в системе APS и возвращения полученных результатов в систему R3. Соответствующая схема показана на рис. 12 (Stadtler, H., Kilger, C. Supply Chain Management and Advanced Planning. Concepts, Models, Software, and Case Studies, 2008). База данных APS также является транзакционной, однако ее данные обновляются существенно реже, чем в базе реального времени.

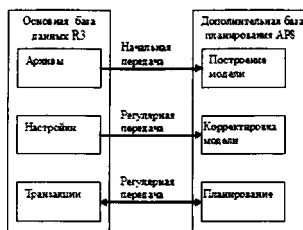


Рис. 12. Передача данных между основной транзакционной базой R3 и дополнительной базой планирования APS

Схема на рис. 12 показывает, что первоначально при запуске системы или подсистемы продвинутого планирования в ее собственную базу данных передаются необходимые сведения из архивов основной транзакционной базы данных для построения расчетной модели планирования. По мере работы в архивах транзакционной базы накапливаются изменения, которые периодически передаются в базу планирования APS. Выработанные в системе планирования решения в виде плановых заданий могут передаваться в основную базу R3. В то же время, необходимые для работы системы планирования новые транзакции могут периодически передаваться в систему планирования. Некоторые данные, необходимые для планирования, могут отсутствовать в основной базе данных и, в таком случае, вводиться непосредственно в базу планирования.

Из рис. 11 следует, что объемно-календарное планирование, так же, как и план продаж и производства относится к среднесрочному планированию. Основным результатом объемно-календарного планирования является главный план производства, который, в отличие от плана продаж и производства, гораздо более детализирован, т.е. агрегирование отдельных видов продукции является здесь скорее исключением, чем правилом.

Главный план представляет собой набор планово-учетных единиц, которые должны быть произведены в течение нескольких плановых периодов от начала действия этого плана до горизонта планирования. Плановый период, как правило, равен одному месяцу или, при больших масштабах производства, одной неделе. Горизонт составления главного плана может устанавливаться в пределах 3 – 12 плановых периодов в зависимости от того, какое положение продукция предприятия занимает на рынке. Если рынок стабильный, т.е. существует баланс между спросом и предложением, то целесообразно вести планирование с наибольшим горизонтом, во всех остальных случаях горизонт должен быть меньше.

При формировании главного плана планово-учетные единицы (ПУЕ) могут быть представлены с различной степенью детализации. Существует определенная связь ПУЕ с типом производства и принятой на предприятии системой формирования объемно-календарных планов – рис. 13 (Фролов Е.Б., Загидуллин Р.Р., ERPNews, 2008).

Применение ЭВМ позволяет вести параллельное планирование одновременно по нескольким планово-учетным единицам. При таком подходе пользователь имеет

Принятая система планирования	Планово-учетная единица	Тип производства				
		массов.	кр.сер.	серийн.	м.л.сер.	един.
По такту потока	Деталь	*				
Нормативные сроки	Партия ДСЕ	*	*			
Складская	Партия ДСЕ	*	*	*		
Машинокомплектная	Машинокомплект		*	*		
Компл.-групповая	Цикловой компл.			*	*	
Компл.-узловая	Компл. на узел				*	
Показная	Заказ на изделие				*	*

Рис. 13. Связь систем объемно-календарного планирования и ПУЕ с типом производства

возможность в процессе моделирования производственного процесса переходить от анализа крупных планово-учетных единиц к более детальному анализу их составляющих и принимать всесторонне обоснованное решение.

Используемые в системе планирования планово-учетные единицы можно представить в виде иерархического дерева, на нижнем уровне которого, очевидно, находится технологическая операция. Значительно сложнее установить рациональную планово-учетную единицу самого верхнего уровня.

При производстве со стратегией «на склад» в качестве такой единицы обычно используется конкретный тип готовой продукции. При стратегии «под заказ» кажется довольно естественным использование в качестве планово-учетных единиц внешних заказов. Использование в качестве планово-учетной единицы внешнего заказа удобно с точки зрения производственного и финансового учета, однако имеет очень существенный недостаток – позаказное выполнение работ приводит к малым размерам производственных партий и значительному повышению себестоимости.

Разработка главного плана является обязательным результатом объемно-календарного планирования. Если планирование проводится для выпуска сложной продукции, то в главном плане устанавливаются показатели только для готовой продукции. Запуск и выпуск элементов такой продукции определяются в номенклатурном плане.

Традиционные методы разработки главного плана

Традиционным методом составления главного плана является его представление в виде совокупности таблиц выпуска продукции во времени для каждого производимого продукта. Такие таблицы могут составляться по каждому выпускаемому продукту или по агрегированным группам (семействам) подобных продуктов. Расчетные результаты в таблицах существенно зависят от используемой политики заказов:

- фиксированного размера заказа (партии);
- заказа на период;
- партии для партии.

Параметры	Объемы в ед. изм. по неделям планирования									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Прогноз спроса	200	200	220	230	250	250	250	270	270	270
Ожидаемые поступления		300								
Складской запас (вначале 180)	-20	80	160	230	280	30	80	110	140	170
Планируемые поступления		300	300	300			300	300	300	300
Планируемый запуск	300	300	300		300	300	300	300		

Рис. 14. Главный план для продукта при фиксированном размере партии

	Неделя 1	Неделя 2	Неделя 3	Неделя 4
x_{11}	0	0	0	0
x_{21}	47,333	20,000	52,333	0
x_{12}	65,000	30,000	80,000	0
x_{22}	12,667	10,000	2,667	0

Рис. 15. Таблица главного плана производства двух продуктов на двух предприятиях

На рис. 14 приведен случай выпуска продукта партиями фиксированного размера, длительность производственного цикла составляет две недели, прогноз спроса в данном случае имеет нарастающий тренд. В результате складской запас существенно колеблется и может даже приводить к неудовлетворенному спросу.

Начиная с 90-х г.г., с появлением APS-систем, главные планы рассчитываются с помощью линейного программирования. При этом целевой функцией обычно считается минимизация издержек на горизонте планирования. В качестве примера приведем расчет главного плана для цепочки поставок на рис. 1 (Kreipl and Pinedo, Planning and Scheduling in Supply Chains: An Overview of Issues in Practice, Production and Operation Management, 2004).

В расчете рассматриваются поставки продуктов двух видов с двух предприятий. При этом учитываются издержки на производство, хранение и транспортировку с предприятий в распределительный центр и из центра потребителям, а также штрафы за несвоевременную поставку. Решением задачи является таблица главного плана для обоих предприятий на ближайшие 4 недели (рис. 15).

Как видно из рис. 15 оптимальный план предусматривает на первой неделе на предприятии 1 (последний индекс в величинах x_{lij}) только производство продукта 2 (второй индекс) в количестве 47333. Для второго предприятия на этой неделе предлагается выпуск продукта 1 в количестве 65000 и продукта 2 в количестве 12667. Главный план предусматривает нулевой выпуск продукта 1 на первом предприятии, производство на неделе 4 вообще не планируется.

Разработка главного плана с использованием группового планирования

При работе на нестабильном рынке как сам прогноз спроса, так и его фактическая ошибка подвержены большим колебаниям. В таких случаях, конечно, каждое

предприятие стремится работать «под заказ». Однако, при достаточно продолжительном производственном цикле стратегия работы только по заказам приводит к увеличению продолжительности ожидания выполнения заказа, что снижает конкурентоспособность предприятия.

Поэтому в ряде случаев целесообразно часть всего производимого объема продукта выпускать «под заказ», а часть либо «на склад», либо по стратегии «сборка по заказу». В любом случае имеет смысл считать, что весь объем производства ведется по заказам, но часть этого объема оформлять как исполнение внутреннего заказа предприятия. При этом планирование фактически всегда ведется на некоторую совместно выполняемую группу внешних и внутренних заказов, причем в частном случае эта группа может состоять только из одного заказа.

Во многих информационных системах группа заказов, предназначенных для совместного выполнения, считается планово-учетной единицей (ПУЕ) и называется производственным заказом. Однако этот термин является весьма перегруженным и, по большей части, относится к финансово-экономической деятельности. Поэтому для такой группы заказов, предлагается также использовать термин «группа планирования».

Под группой планирования понимается набор некоторого количества готовых продуктов и запасных частей, одновременно запускаемых в производство. В этот набор имеет смысл включать изделия разных типов с близким конструкторско-технологическим составом, а также запасные части, аналогичные некоторым компонентам таких изделий.

Количество изделий и запчастей каждого типа в группе планирования должно устанавливаться, исходя из рациональных размеров запасов в течение всего времени изготовления группы планирования. Время изготовления и сбыта группы планирования и, соответственно, размеры группы планирования, определяется горизонтом планирования выпускаемой продукции. Выпуск продукции, относящейся к одной группе планирования, может осуществляться постепенно в течение нескольких плановых периодов. Одна группа планирования может обеспечивать выполнение целого ряда заказов или их отдельных этапов.

Использование группы планирования в качестве базовой ПУЕ позволяет устанавливать достаточно большие размеры производственных партий, т.к. каждая партия деталей, сборочных единиц, компонентов и готовых продуктов изготавливается не для одного заказа, и даже не на один плановый период, а для обеспечения установленной группы планирования.

В группе планирования различаются партии запуска и партии выпуска продуктов и их компонентов. Исходя из самого определения группы планирования, в одной группе планирования есть только одна партия запуска продуктов каждого типа, совокупность которых образует группу запуска.

В то же время партий выпуска изделий одного типа может быть несколько. Сроки изготовления партий выпуска могут относиться к различным временным периодам, а размеры партий выпуска устанавливаются либо по имеющейся мощности сборочного производства, либо по ожидаемой потребности в продукции для сбыта. Каждая партия выпуска изделий в группе планирования является планово-учетной единицей, находящейся в иерархии ниже группы планирования и типа изделия. Совокупность партий выпуска изделий одного типа в рамках группы планирования составляет одну серию этих изделий.

Группа планирования (запуска)	Продукт	Партия запуска	Партия выпуска	Дата выпуска	Заказ	ПСп	Количество изделий
№1 15.06	B1	1	1	июнь	1	1	3
					2	5	2
		2	июль	1	2	2	
				2	6	3	
	B2	1	1	июнь	1	3	2
					2	7	3
		2	июль	1	4	3	
				2	8	2	
№2 01.07	B1	2	3	август	3	9	10

Рис. 16. Партии – заказы

Каждая партия выпуска в группе планирования должна предназначаться для одного или нескольких заказов, каждый из которых также является планово-учетной единицей. Однако непосредственная связь партий выпуска с заказами нецелесообразна, т.к., например, для одного заказа могут выполняться несколько партий выпуска и даже несколько групп планирования. Поэтому имеет смысл ввести еще одну планово-учетную единицу, находящуюся иерархически ниже заказа – т.н. «производственную спецификацию».

Под производственной спецификацией понимается некоторый перечень продукции с полным набором необходимых сведений о технологии производства. Понятие производственной спецификации в практику планирования на российских предприятиях впервые было введено в информационной системе TechnologiCS. Аналогичное понятие используется в системе SAP APO под названием «модель производственного процесса» (Production Process Model, PPM).

Автором было предложено включать в производственную спецификацию (ПСп) набор изделий и запасных частей из спецификации одного заказа с одинаковой установленной датой поставки. Если количество в одной поставке спецификации заказа больше мощности сборочного цеха, то такая позиция спецификации должна делиться на несколько ПСп. При таком подходе, например при периодической поставке, следует по одному заказу организовать столько ПСп, сколько раз эта поставка должна осуществляться.

Связь группы планирования и, соответственно группы запуска, с внешним заказом осуществляется путем отнесения производственной спецификации к некоторой партии выпуска соответствующей планируемой продукции. Связи между производственными партиями и заказами поясняются на рисунке 16.

Как следует из рис. 16, заказ 1 включает поставку в июне трех изделий B1 и двух изделий B2. В июле по этому же заказу должны быть выпущены два изделия B1 и три изделия B2. Кроме заказа 1, одновременно должен выполняться заказ 2, для которого также должны быть изготовлены изделия B1 и B2. Поскольку эти изделия имеют близкий состав, их целесообразно запустить в производство одной группой.

Партия запуска, например, продукта B1 в процессе производства разделяется на две части – партии выпуска, который производится в двух различных месяцах.

Каждая из партий выпуска обеспечивает поставку для нескольких, в данном случае двух, заказов согласно соответствующим производственным спецификациям. После составления каждой новой группы запуска необходимо проверить ситуацию с загрузкой оборудования. Для этого на текущие данные о плановой загрузке нужно наложить результаты расчета загрузки по новой группе запуска.

Номенклатурный план

Для производства сложной продукции, состоящей из нескольких или многих компонентов, планирование производства последних осуществляется в соответствии с разработанным главным планом. Такие компоненты представляют собой объекты зависимого спроса, т.е. их необходимое количество (Bill of Materials, BOM) может быть непосредственно рассчитано по показателям главного плана. Планирование выпуска объектов зависимого спроса (Manufacturing Resource Planning, MRP2) является необходимой составляющей современного управления производством, причем его ядром является набор таблиц планирования каждого компонента, аналогичных таблице на рис. 14 для главного плана.

Наиболее сложным вопросом расчета номенклатурного плана является определение рациональных размеров производственных партий. Прежде всего, партии компонентов должны быть достаточны для сборки планируемых партий выпуска готовой продукции, т.е. минимальный размер партии компонентов определяется одной партией готовой продукции. Такой вариант осуществляется при политике заказов «партия-для-партии» (Lot-for-Lot). Однако, поскольку при таком соответствии партий компонентов часто получается небольшими, соответственно, дорогостоящими, размеры партий компонентов приходится увеличивать.

Вторым вопросом является определение продолжительности изготовления партий. При разработке главного плана зависимость длительности изготовления партии от ее размера, в каких-то пределах, часто не учитывают, поскольку длительность производственного цикла готового продукта берется с большим запасом по отношению к длительности технологического цикла. Однако при изготовлении компонентов пренебрегать такой зависимостью уже невозможно.

Вообще говоря, размер партии компонента должен обеспечивать спрос на некотором числе временных периодов, но поскольку длительность изготовления зависит от размера партии, то момент поступления партии становится переменным. В результате не всегда ясно, сможет ли партия обеспечить спрос на выбранном числе временных периодов.

Устранить указанный недостаток планирования в MRP2 можно, если использовать политику заказов «по группе планирования». По определению группы планирования каждой группе планирования соответствует одна группа запуска нескольких видов готовых продуктов и запасных частей. Таблица на рис.16 «Партии-Заказы» представляет собой временную последовательность групп планирования (запуска), обеспечивающих выполнение внешних и внутренних заказов. Политика заказов «по группе планирования» в применении к рис. 16 является обобщением политики «партия-для-партии», в которой партией готовой продукции считается группа планирования. При этом партии запуска компонентов точно соответствуют группе запуска, а партии выпуска компонентов должны обеспечивать партии выпуска группы планирования.

При составлении номенклатурного плана по группе планирования наибольший размер партии каждого компонента равен количеству, необходимому для комплектования всех изделий в группе планирования. Т.к. это количество может быть значительным, то размер партии должен определяться исходя из экономических соображений, а также условий по загрузке оборудования. Существует большое количество методов определения рациональных размеров партий, часть из которых изложена в книге Мауэргауз «Продвинутое планирование и расписания в производстве и цепочках поставок», 2012.

В номенклатурном плане устанавливаются контрольные моменты передачи партий деталей или сборочных единиц из цеха в цех в соответствии с технологическим процессом, т.е. осуществляется межцеховое планирование.

Составление расписаний

Связь оперативного и объемно-календарного планирования

Оперативное (внутрицеховое) планирование, главным образом, заключается в составлении расписания выполнения заданий, установленных номенклатурным или главным планом. Иногда, например, при переналаживаемом крупносерийном производственном процессе, оперативный план совпадает с главным планом. В этом случае составление расписания является составной частью разработки главного плана.

В настоящее время объемно-календарное планирование обычно осуществляется с помощью ERP-системы или комбинации ERP и APS систем. Для оперативного планирования возможно применение этих же систем или специальных MES-систем. Например, фирма SAP использует комбинацию ERP-системы R3 и APS-системы SAP APO как для объемно-календарного планирования, так и для составления внутрицеховых расписаний. Известны примеры совместного использования ERP-системы R3 и MES-системы «Фобос».

В системе Technoclass предусмотрена последовательная работа ERP и MES модулей соответственно для объемно-календарного и оперативного планирования (рис. 17). Как видно из рис. 17, APS-система в данном случае является составной частью MES модуля.

Рассмотрим различия между объемно-календарным (среднесрочным) и оперативным (краткосрочным) видами планирования в цепочке поставок. Перечень таких различий представлен на рис. 18 (Kreipl and Pinedo, 2004).

Прежде всего, заметим, что объемно-календарное (тактическое) планирование проводится сразу для всех звеньев (Planning Multiple Stages of Facilities) сбытовой цепочки (для расширенного предприятия, рис. 1), тогда как оперативное планирование (Scheduling Single Stage or Facility) ведется для каждого звена (предприятия) по отдельности. Объемно-календарное планирование проводится для агрегированной в группы продукции, оперативный план составляется для каждого конкретного вида продуктов.

Как следует из рис. 18, при среднесрочном планировании наиболее важными исходными данными являются значения стоимости транспортировки (Transportation costs), хранения (Inventory), штрафы на запаздывание (Tardiness). По таким данным продукции как трудоемкость (processing time) и требуемая дата поставки (due

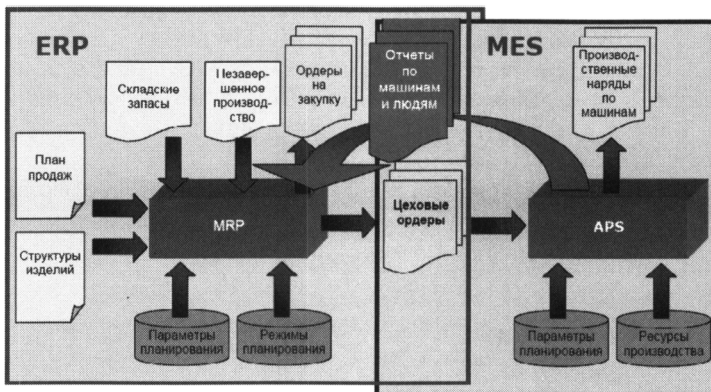


Рис. 17. Последовательное планирование с помощью ERP и MES модулей.

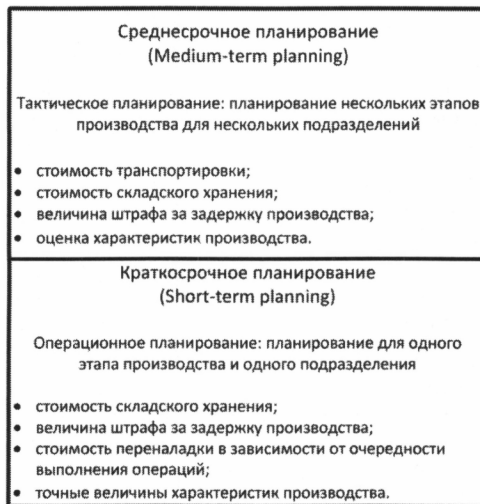


Рис. 18. Сравнение учитываемых исходных данных среднесрочного (Medium Term) и краткосрочного (Short Term) планирования

date) может быть сделана приближенная (estimate) оценка. При проведении краткосрочного планирования по-прежнему учитываются стоимости хранения и штрафы на запаздывание, но не рассматривается стоимость транспортировки. Вместо этого принимается во внимание стоимость переналадок, причем с учетом их последовательности (Sequence dependent setup costs). При оперативном планировании уже необходимы точные данные о продукции (Exact production data).

Описанные различия в данных неизбежно приводят к возникновению расхождений между длительностью производственного процесса, рассчитанной в оперативном плане, по сравнению с этим параметром в объемно-календарных планах. Поэтому после составления оперативного плана часто требуется корректировка номенклатурного и даже главного планов. В зависимости от горизонта оперативного планирования такая корректировка может проводиться еженедельно или даже ежедневно.

Стандартная классификация расписаний

В последние два десятилетия было опубликовано очень большое число работ, рассматривавших оптимизацию производственных расписаний методами исследования операций. Например, в обзоре Allahverdi, Ng., Cheng, and Kovalyov, *European Journal of Operational Research*, 2008, посвященном только работам, оптимизирующим планирование с переналадками, начиная с 2000г., упоминается более 350 статей. Большую роль в упорядочении исследуемых задач сыграла классификация, предложенная Graham, Lawler, Lenstra, and Rinnoy Kan, *Annals of Discrete Mathematics*, 1979, и имеющая вид

$$\alpha \mid \beta \mid \gamma.$$

В этой классификации любые виды оборудования называются машинами (machine), а совокупность операций по производству партии какого-либо продукта называется работой (job). Поля классификации соответствуют трем направлениям: типу производства (виду используемых машин); типу проводимых работ и различных ограничений; виду целевой функции. Использование этой классификации позволяет достаточно подробно описать основные характеристики практически каждой рассматриваемой задачи, хотя с усложнением этих задач в классификационных полях каждого из трех направлений приходится записывать все больше различных параметров.

В первоначальном варианте классификации предполагалось рассматривать 5 типов производства.

- Одиночная машина (single machine). Этот тип не только используется для планирования работы одной имеющейся машины, но и считается базовым для разработки алгоритмов планирования в более сложных случаях.
- Параллельные машины (parallel machines), которые могут быть абсолютно одинаковы, подобны по своим параметрам, а также совершенно различны по параметрам, но применяться с одинаковой целью.
- Поточное производство (flowshop). В этом случае машины выстраиваются в порядке технологического процесса, а все работы на этих машинах – в одинаковой последовательности. При этом допускается, что операционное время для различных машин и различных работ также может быть различным.

- Универсальное производство (jobshop). При таком варианте производства для различных работ возможен любой порядок технологического процесса.
- Производство с не установленным порядком технологического процесса (openshop). Здесь различные операции каждой работы могут выполняться в любой последовательности.

В поле α может также указываться количество машин для соответствующего типа производства.

Типы ограничений, записываемые в поле β , могут иметь самый разнообразный характер. Прежде всего, это ограничения различных типов, налагаемые на даты окончания и начала работ. Затем могут указываться обозначения ограничений по приоритетам работ, возможности их прерывания в процессе обработки, необходимости обработки партиями, характеру последовательности операций и т.д.

В качестве целевой функции, описываемой в поле γ стандартной классификации, часто используется один из показателей времени проведения задаваемого объема работ. К таким показателям относятся: полное время завершения всего объема запланированных работ C_{max} (makespan); наибольшее запаздывание окончания работы T_{max} ; наибольшая продолжительность производственного цикла F_{max} и др.

Расписания с одним критерием качества

Задача планирования называется одностадийной, если каждая выполняемая работа может быть полностью выполнена на одной из имеющихся машин. Если для выполнения работы (партии деталей) требуется несколько операций на машинах различного назначения, то такая задача планирования является многостадийной.

Рассмотрим случай составления расписания для производственного подразделения (цеха) с универсальным производством J , в котором в течение планируемого периода должна быть проведена обработка нескольких партий различных деталей. Будем полагать, что для каждой такой партии известна трудоемкость на каждой операции и заданы даты d_i полного окончания обработки. Допустим, что расписание должно обеспечивать возможно меньшее время выполнения всех работ C_{max} . В этом случае структурная формула задачи согласно описанной выше классификации имеет вид

$$J \mid d_i \mid C_{max}.$$

В наиболее простом случае производственная система состоит из одной машины, на которой должны выполняться все планируемые работы. Расписание для такой машины представляет собой последовательность выполнения уже поступивших работ, а также работ, которые могут поступить в некотором ближайшем будущем. Если в технологическом процессе имеется машина, которая является узким местом, расписание для этой машины является основой для планирования всего процесса.

Моделирование узких мест производства относится к наиболее ранним в историческом отношении методам производственного планирования. Несмотря на появление в последние десятилетия целого ряда различных способов планирования, планирование по узким местам остается в центре внимания и эффективно развивается. В настоящее время наиболее известным таким способом является т.н. теория ограничений.

Отличительной особенностью теории ограничений является т.н. процесс «баббан – буфер – веревка» (Drum-Buffer-Rope, DBR) для синхронизации потока

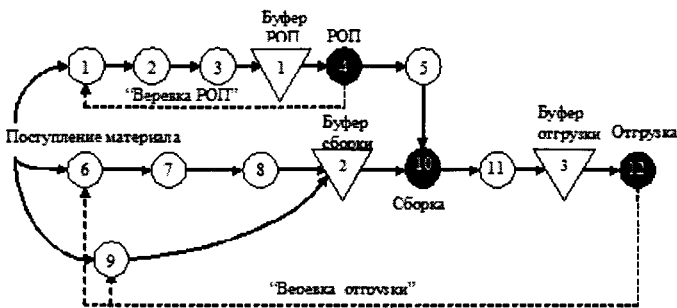


Рис. 19. Схема процесса «Барабан – Буфер – Вербка»

продукции. Этот способ представляет собой некоторую комбинацию «выталкивающего» и «вытягивающего» способов организации производства.

Подобно обычному способу «выталкивания», процесс производства запускается из одной точки, в которую подается сырье или материал. Эту точку называют точкой планирования. Однако момент, в который должен производиться запуск, не задается первоначальным планом, а определяется моментом начала очередной работы оборудования, являющегося узким местом производства. Такое оборудование является ресурсом, ограничивающим производительность системы или РОП (Capacity Constraint Resource, CCR), и согласно теории ограничений, должно рассматриваться как точка контроля материального потока.

На рис. 19 показана схема производственной системы, в которой осуществляется процесс «барабан – буфер – веревка». Кружками на схеме обозначены машины, буферы – треугольниками. Узким местом (РОП) системы является машина 4, перед которой предусматривается буфер РОП.

Когда в точке контроля появляется информация о начале некоторой работы, в начальную точку планирования подается команда о запуске новой порции сырья или материала. Этот процесс запуска аналогичен «вытягивающему» способу производства и называется «веревкой» (Rope). Поскольку РОП диктует ритм работы всей производственной системы, то график его работы именуют «барабаном» (Drum). Пропускная способность системы целиком определяется возможностями РОП, поэтому запасы в производственной системе должны быть распределены так, чтобы РОП всегда имел возможность без задержек начать новую работу. Для этой цели в системе непосредственно перед РОП предусматривается «буфер» (Buffer).

Расписание работы машин, не являющихся узким местом, целиком определяется последовательностью выполнения работ на машине – узким месте. При этом в качестве приоритета обычно используется правило наибольшей трудоемкости (Large Processing Time, LPT). В этом случае вероятность непредвиденных задержек в работе машин, не являющихся узким местом, уменьшается, что, в свою очередь, позволяет уменьшить размеры буфера РОП.

Описанный метод хорошо работает для ритмичных производств со стабильной номенклатурой выпускаемых изделий, т.е. в массовом и крупносерийном произ-

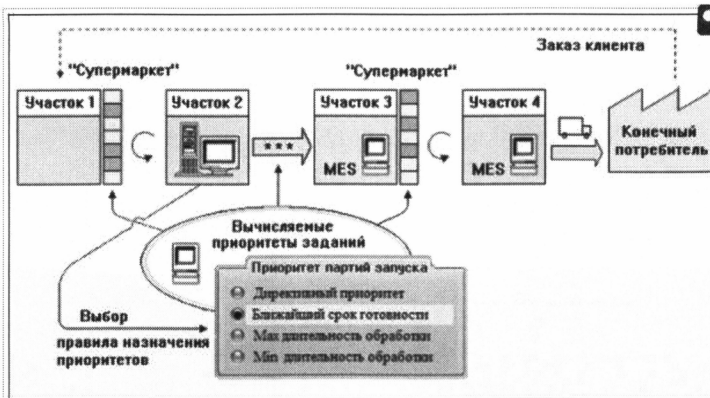


Рис. 20. Структура метода вычисляемых приоритетов

водстве. Для мелкосерийного производства был предложен (Фролов, Управление станочными системами, Станочный парк, 2010) метод вычисляемых приоритетов.

«Супермаркеты», показанные после первого и третьего участков технологической цепочки фактически представляют собой кладовые (буферы), в которых предусмотрены ячейки для партий деталей каждого вида. Поскольку второй участок является узким местом, необходимости в кладовой такого типа после него нет.

Производственные задания, оказавшись в лимитированной очереди, продвигаются от участка к участку не по правилам FIFO (т.е. не соблюдается обязательная дисциплина «в порядке поступления»), а по другим вычисляемым приоритетам. Правила вычисления этих приоритетов назначаются в узком месте – на участке 2. На каждом последующем производственном участке функционирует своя собственная исполнительная производственная система (MES – Manufacturing Execution System), рассчитывающая расписание этого участка с учетом приоритета их текущих заданий.

Между участками 2 и 3 возможно возникновение очереди, причем задания в этой очереди могут меняться местами в зависимости от значений вычисляемого приоритета. Возможен случай, когда задание, уже начатое на участке 3, может быть остановлено, и вместо него начато другое (срочное) задание, полученное после участка 2. При этом MES-система на участке 3 должна пересмотреть расписание с целью минимизации времени выполнения всех работ C_{max} .

Для решения внутренних оптимизационных задач используются свои критерии, именуемые «Критерии загрузки оборудования». Задания, ожидающие обработки между участками, не связанными «Супермаркетом», упорядочиваются по «Правилам выбора из очереди» (рис. 21), которые, в свою очередь, могут тоже изменяться в течение времени.

Каждый последующий участок может начинать выполнять только те задания, которые имеют максимально возможный приоритет, что выражается в первоочередном заполнении не всех доступных ячеек «Супермаркета», а лишь тех, что соответствуют приоритетным заданиям. Участок 2, задающий работу всех остальных



Рис. 21. Последовательность исполняемых заказов в методе вычисляемых приоритетов

производственных звеньев, выполняет наиболее приоритетные задания, находящиеся в первом «Супермаркете».

Численные значения приоритетов заданий получаются за счет вычислений на каждом из участков значений общего для всех критерия. Вид этого критерия задается основным планирующим звеном (участком 2), а его значения каждый производственный участок самостоятельно вычисляет для своих заданий, либо вставших в очередь на обработку, либо находящихся в заполненных ячейках «Супермаркета» на предыдущей стадии.

MES-система производит расчет текущего приоритета задания по нескольким показателям. Первым из них является напряженность задания, вычисляемая как отношение суммарной трудоемкости операций, выполняемых над деталями, входящими в данный заказ, к длительности производственного цикла всех деталей заказа. Кроме того, учитывается соотношение времени переналадки оборудования и трудоемкости обработки на этом оборудовании.

Многокритериальные расписания

Необходимость составления многокритериальных расписаний возникла в связи с использованием групповых способов обработки. Действительно, причиной появления групповых способов обработки является стремление найти рациональный компромисс между высоким уровнем выполнения заказов и низкой стоимостью их выполнением, однако это противоречит требованию низкой стоимости произ-

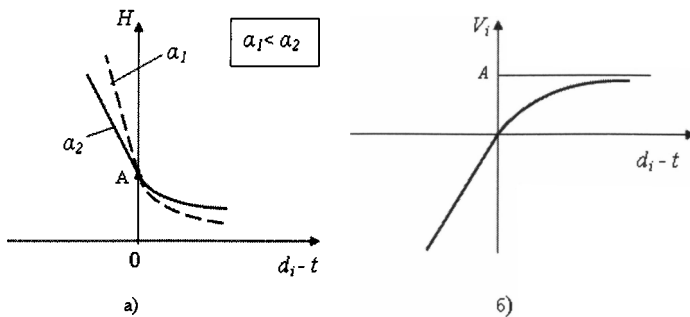


Рис. 22. Производственная напряженность H и полезность заказов V в зависимости от резерва времени $d_i - t$: а) график производственной напряженности заказа; б) график полезности заказа

водства. Необходимость одновременного улучшения этих характеристик представляет собой т.н. «дилемму планирования» (Nyhuis and Wiendahl, *Fundamentals of Production Logistics*, 2009), решение которой в принципе не может быть получено в однокритериальной постановке.

Для решения дилеммы планирования, необходимо строить т.н. «Паретовские компромиссные кривые» по критериям, отражающим соотношение стоимости работ и их эффективности. Снижение издержек при планировании обычно достигается за счет применения группирования подобных работ, которое обеспечивает небольшую трудоемкость перехода от одной работы к другой внутри группы. Как показано в работе Mauergauz, *Objectives and constraints in advanced planning problems with regard to scale of production output and plan hierarchical level*, *Int. J. Industrial and Systems Engineering*, 2012, при групповом планировании в качестве критериев могут рассматриваться относительная стоимость переналадок U и средняя полезность заказов \bar{V} . Отношение производителя к заказу со временем изменяется, а соответствующая функция называется производственной напряженностью H (рис. 22а).

Кривые на рис. 22а отличаются значением психологического коэффициента α . Психологический коэффициент определяет степень спокойствия, когда запас времени больше 0 и степень нервозности, при величине, меньшей 0. Чем больше α , тем спокойней воспринимаются задержки, тем меньше напряженность. В момент, когда резерв времени равен 0, напряженность равна величине A .

На рис. 22б показан график изменения полезности заказа от резерва времени. Видно, что с увеличением резерва времени полезность заказа стремится к величине A , а при отрицательных значениях резерва времени (при запаздывании выполнения заказа) полезность становится отрицательной и нарастает с ростом запаздывания. Средняя полезность \bar{V} всего имеющегося набора заказов за все время от начала работ до выполнения конкретной работы вычисляется по т.н. рекуррентной формуле, т.е. последовательно по каждому очередному шагу выполнения заказов.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Машина 1: 2/1, (8/1, 6/1), 5/2, (16/1, 10/1), (3/2, 12/1), 13/1, 14/1, 18/1, 20/1, (11/2, 15/2)						
2	Машина 3: 3/1, 5/1, (7/1, 15/1, 11/1, 4/4), 17/2, (18/3, 12/4), (7/3, 15/4), 20/5						
3	Машина 5: 9/1, (8/2, 6/2), 10/3, 20/3, 19/2, 13/3						
4	Машина 6: 1/4, 4/2, (2/2, 9/2), (5/3, 17/1, 17/3), (3/4, 12/2, 18/2),						
5	(10/2, 16/2), 7/2, (19/1, 8/3), (13/2, 20/4), 10/5, 15/5						
6	Машина 7: (3/3, 12/3)						
7	Машина 8: 4/3, 6/3, (5/4, 17/4), 20/2, (15/3, 11/4), (8/4, 19/3)						
8	Машина 9: (2/3, 9/3), 6/4, (5/5, 14/2), 3/5, 17/5, 11/3, (18/4, 12/5), (10/4, 16/3), 8/5						

Рис. 23. Результат планирования для одного из не доминируемых вариантов

Рассмотрим случай составления расписания для производственного подразделения (цеха) с универсальным производством J из предыдущего параграфа. Усложним эту задачу, учитывая не только требуемые даты окончания обработки партий d_i , но также стоимость переналадки s_{ij} для i -ой работы на j -ом оборудовании. Кроме того, учтем, что различные партии могут поступать в цех в различные моменты времени r_i . В качестве критериев оптимизации примем относительную стоимость переналадок U и среднюю полезность заказов \bar{V} . В этом случае структурная формула задачи примет вид

$$J \mid r_i, d_i, s_{ij} \mid U, \bar{V}.$$

Для нахождения не доминируемых решений по критериям U и \bar{V} была разработана программа на языке VBA для MS Excel. В качестве примера рассмотрим составление расписания для 20 работ, каждая из которых включает от трех до пяти различных операций, производимых в любой заданной последовательности. Положим также, что количество разновидностей работ равно 6, количество групп машин равно 5.

Применение описываемого планирования приводит к двум не доминируемым вариантам расписания, один из которых показан на рис. 23 как запись на листе MS Excel. Числа в последовательности для каждой машины показывают номер работы и (через дробь) номер операции этой работы, производимой на этой машине. Числа, взятые в скобки, образуют группу работ одного вида, для которых не требуется переналадка.

На рис. 24 приведены диаграммы Ганта для машин 1 и 3. Прямоугольники на диаграммах соответствуют рабочим операциям, зазоры – холостому времени. Утолщенные линии соответствуют операциям, не требующим переналадки, т.к их вид работ совпадает с видом предшествующих работ.

Заключение

В статье описаны основные этапы разработки планов и расписаний. В соответствующих случаях необходимо также учитывать такие ограничения, как квалификацию сотрудников, традиционно сложившееся направление производственных потоков, возможные потери от поломок, и наконец, такие специфические требования как максимальная продолжительность хранения продукта.

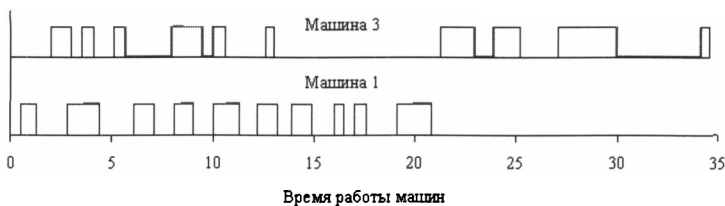


Рис. 24. Диаграммы Ганта для двух машин

Большую роль при конкретном выборе ограничений играет специфика технологического процесса на конкретном предприятии. Например, производство промышленного оборудования характеризуется сложностью изготавливаемого продукта, длительными сроками изготовления и доставки, размерами производственных партий, и по большей части осуществляется по заказам.

Наоборот, движение потребительских товаров происходит гораздо быстрее, товары эти повторяются и изготавливаются, как правило, на склад. В то же время спрос на такие товары может меняться быстро, а также периодически.

Сложная ситуация может складываться с продуктами питания и напитками. Поскольку длительность хранения таких продуктов часто ограничена, то чрезвычайно растет ценность правильного прогнозирования спроса. Изготовление на склад в ряде таких случаев становится невозможным.

В некоторых отраслях промышленности (производстве мясных продуктов или продуктов из птицы) технологический процесс связан не со сборкой, а с «разборкой» исходного сырья на отдельные составляющие. Здесь наблюдается «обратный» MRP-процесс разделения исходного сырья на основной и сопутствующие продукты.

Аналогичная ситуация наблюдается в молочной промышленности, производстве зерна, нефтяной, химической и фармацевтической промышленности, в которых окончательный продукт изготавливается не сборкой из компонентов, а при помощи химических процессов и реактивов.

Несмотря на столь большие отличия, для каждого типа технологического процесса можно подобрать какую-либо из существующих MES или APS-систем, способных удовлетворить специфическим требованиям этого производства.

Семантические модели в системах управления производством

Статья посвящена применению семантических моделей при создании интегрированных решений для управления производством с использованием данных, содержащихся в разрозненных информационных системах и хранилищах данных. Рассматриваются различные подходы к обработке разрозненных данных, описываются семантические модели и приводится пример системы, основанной на них (лабораторная информационная система, LIMS)

Введение.....	37	Информационная модель - сердце семантической модели.....	53
Проблема сложности производства.....	41	История операций (Operations Lineage).....	55
Почему именно семантические модели.....	45	Проблемы при обработке данных.....	56
На пути к семантическим моделям: эволюция моделей данных.....	48	Семантические модели.....	58
Централизованная обработка данных.....	48	Серверы моделирования.....	60
Централизованные данные.....	49	Семантические модели и средства управления моделями.....	61
Распределённое управление данными.....	50	Пример: Управление производственными операциями и бизнес-аналитика.....	64
Архитектура на основе сообщений (MOA).....	50	Собираем общую картину: пример использования.....	65
Сервис-ориентированная архитектура (SOA).....	51	Заключение.....	68
Информационно-ориентированная архитектура (IOA).....	51	Об авторах.....	69
Архитектура на основе моделей (MDA).....	53	Термины и сокращения.....	70

Введение

Данная работа посвящена применению семантических моделей в производственных информационных системах, а также возрастающей значимости семантических вычислений (Semantic Computing). Семантическое моделирование сравнивается с более известными и традиционными подходами с точки зрения использования в качестве основного компонента архитектуры приложений. Описываются основы применения семантических моделей для управления операциями. Преимущества и особенности семантических моделей иллюстрируются примерами, знакомыми читателю.

Применение лучших подходов из имеющихся позволит лишь догнать конкурентов. Для того, чтобы опередить их и выиграть гонку, компании должны практиковать самые передовые, ведущие подходы. Семантические вычисления имеют достаточный потенциал для того, чтобы считаться одним из таких подходов. На самом деле, можно указать несколько путей использования семантических технологий, потенциально позволяющих улучшить целостность и безопасность работы с данными.

В дискуссиях по поводу интеллектуальных решений для производства (семантические вычисления являются ключевым элементом таких решений) обычно выделяются три критически важных элемента. Иногда их называют «Три I»: Instrumented,

Intelligent, Interconnected (оснащённый, интеллектуальный, связанный). Эти элементы иллюстрируют идею о том, что мы получаем всё больше данных из окружающей среды, повышается интеллектуальность средств их обработки, что даёт нам возможность повысить эффективность исполнения ключевых задач путём своевременного получения и использования данных. Самое важное при таком подходе – возможность использовать при принятии решений данных в разных форматах и из разных источников. При использовании семантических вычислений процедуры расчёта и анализа могут быть обобщены для работы с любыми экземплярами схожих объектов.

В реальном мире данные постоянно изменяются. Поэтому нам нужны адаптивные, а не жёстко заданные наперёд структуры. Такие различия часто именуют противостоянием «открытого» и «закрытого» миров. Семантические модели позволяют обнаружить изменения исследуемых данных и определить возможные последствия таких изменений. Однако, по большей части, задача семантических моделей состоит в том, чтобы заблаговременно предупредить пользователя о таких изменениях, тем самым дав ему достаточно времени для реагирования на них.

Реализованные семантические модели позволяют объединить данные из всех доступных источников в гибкой, адаптивной, заточенной для конкретной области модели, усиливающей и расширяющей промышленные стандарты и онтологии. Если семантические модели объединить с приложениями для анализа, просмотра данных, построения отчётов, используемыми повсеместно, прогресс будет заметен невооружённым взглядом. В результате обычной станет информационная среда, в которой все пользователи, как руководители, так и исполнители, имеют полный контроль над своими данными, правилами выполнения производственных процессов и бизнес-процессов и т.д. Иногда такую модель называют «всеобщим компьютером», так как вычислительные мощности становятся распределёнными и распространёнными повсеместно.

Архитектура промышленных информационных систем должна разрабатываться с учётом постоянных изменений данных, а также с учётом наличия связей между данными. Источники данных содержат структурированные и неструктурированные данные, показания датчиков (текущие и архивные), изображения, аудио- и видеозаписи. Кроме того, часть этих данных могут быть связаны друг с другом. Связи должны быть учтены для обеспечения согласованного изменения данных. Трудности связаны не только с тем, что изменяющиеся данные не совсем хорошо подходят для жёстких и неизменных стандартных реляционных структур. Главный вызов состоит в том, чтобы реализовать обработку данных с учётом контекста и обеспечить соответствующую проверку при добавлении, удалении и изменении данных, избегнув при этом чрезмерного усложнения.

Также широким полем применения семантических вычислений является мониторинг общей целостности множества разрозненных систем и сервисов, используемых на производстве. Одно дело разработать общую онтологию (необходимый шаг при создании семантической модели), а совсем другое – периодически проверять соответствие всем требованиям, нормативам, стандартам и т.д. В ходе таких проверок определяется, выполняются ли все требования к организации и текущим параметрам производства, не отличается ли текущая конфигурация системы от утверждённой, функционирует ли критически важное оборудование, а также, в случае отрицательного результата предыдущих проверок, определяется достаточность мер

по контролю за возросшим риском. Кроме того, в случае дальнейшего неблагоприятного развития событий система должна обеспечить эскалацию сообщений таким образом, чтобы пользователь не смог препятствовать передаче информации высшим руководителям.

Взаимодействие между системами и взаимосвязь между данными становятся в нашем мире слишком важными и всеобъемлющими для того, чтобы не использовать технологии, способные помочь нам в решении задачи проверки соответствия различным требованиям. Американское Агентство по защите окружающей среды (EPA) разработало набор требований под общим названием «Title V». Его цель – убедиться, что каждый руководитель любого уровня на производственном предприятии знаком с положениями о минимизации вредных воздействий на окружающую среду и, кроме того, каждые полгода предоставляет проверяемые данные о результатах своих действий. В результате серьёзно возросли усилия предприятий по приведению своей деятельности в соответствие с требованиями по защите окружающей среды. Так что, возможно, самое время начать использовать семантические технологии для мониторинга и проверки безопасности и соблюдения общих требований, включая требования о наличии сильных и гибких процедур управления.

Рассмотрим другое приложение – интеллектуальную систему управления дорожным движением в городе. Данные о текущей ситуации на дорогах поступают в реальном времени от систем управления светофорами, датчиков скорости и видеокамер. Действие системы постоянно расширяется на новые дороги, добавляются новые датчики, другие датчики ломаются или перестают использоваться. Часть данных, крайне важная для прогнозирования транспортных потоков, приходит из других источников – прогнозов погоды, отчётов о дорожно-транспортных происшествиях и пробках, твитов, сводок новостей. Кроме того, на транспортные потоки изменяются в выходные или во время различных событий, таких как парады или фестивали. Большое влияние на транспортные потоки оказывают сезонные изменения, такие как увеличение числа желающих выехать из города или отправиться на пляж. В каждом источнике используется собственная терминология, иногда в корне отличающаяся от терминологии других источников. Однако все данные должны быть приняты и представлены в удобной для использования форме, должен быть учтён контекст, все имеющиеся связи должны быть распознаны и учтены в системе. Только так можно добиться действительной «интеллектуальности» системы.

Улицы, сигналы, датчики и т.д. являются компонентами фундаментальной модели транспортной сети. Текущие состояния сигналов, значения датчиков, информация о событиях, транспортных средствах и т.д. – всё это применяется для представления текущей ситуации в транспортной системе, для того, чтобы понять, что происходит на каждой улице. Эти данные меняются часто. Сама модель меняется значительно реже, она может независимо проверяться в фоновом режиме, и, следовательно, для неё можно разработать строгие процедуры управления и паттерны использования. Фактически, изменения в модели могут быть полностью определены в планах по расходованию бюджетных средств, графиках строительства и ввода системы в эксплуатацию и т.д. Однако текущие значения датчиков и другие потоки информации (независимо от происхождения) гораздо более динамичны, их гораздо труднее проверять и контролировать, так как на это отводится гораздо меньше времени. Если отделить эти два вида информации (модель и более быстроменяющиеся данные) друг от друга, можно будет разработать дополнительные процедуры про-

верки, специально предназначенные для быстроменяющихся данных, и тем самым сократить время реакции системы.

Для эффективной работы необходимо однозначное понимание всех возможных событий и их контекста в происходящих процессах. Например, базовые термины, такие как «транспортное средство» могут по-разному пониматься в разных источниках и поставщиках данных. Для кого-то будет необходимо деление транспортных средств на легковые автомобили, грузовики, автобусы, мотоциклы и т.д., а для кого-то – нет. В других случаях важными могут стать такие характеристики, как число осей или число посадочных мест. Онтологии позволяют использовать термин «транспортное средство» и уточнять его в зависимости от ситуации. Конечно, текущие данные непрерывно изменяются. К счастью, модель данных изменяется гораздо реже, чем потоки данных. Механизмы логического вывода, входящие в состав средств семантических вычислений, дают возможность лучше понять и описать изменений и потоков данных, и самой модели.

Семантические модели содержат описание данных и связей между различными сущностями данных. Модель данных для промышленного предприятия или компании позволяет выявить общие абстрактные структуры данных, а также определить, как различные элементы данных влияют друг на друга. Семантические модели – вид информационных моделей, они поддерживают как фиксированное, так и адаптивное (ad-hoc) моделирование сущностей и связей между ними. Полный набор сущностей семантической модели образует таксономию классов, используемых в модели для описания реального мира. Всё это используется при создании онтологий – своеобразного словаря семантической модели, служащего в качестве основы для формирования пользовательских запросов. Модель позволяет представлять сущности и связи между ними, поддерживает описание ограничений и свойств связей, а также даёт возможность определять термины для того, чтобы позднее использовать их в запросах. Таким образом к обычной информационной модели добавляется семантический слой.

В определении семантических вычислений, данным консорциумом W3C (World Wide Web Consortium) потребители данных отделены от хранилища данных набором правил, основанных на онтологиях. Такие правила описывают контроль, вычисление, проверку данных, а также процесс получения новых данных из имеющихся (процесс вывода). Так что пользователь получает нечто большее, чем новая фундаментальная концепция обеспечения эффективности и целостности системы или архитектуры. Современные семантические технологии позволяют:

- приведение данных из различных источников к единой форме, их объединение в виртуальном едином хранилище без физического переноса из исходного места размещения (каталогов НСИ, реляционных баз данных и др.);
- создание независимой от реализации модели данных, динамически изменяемой в зависимости от текущих потребностей;
- выдача данных потребителю в любой требуемой форме и для любого приложения;
- интеграция бизнес-правил и операционных правил в единой информационной модели, не зависящей от конкретного приложения;
- создание алгоритмов, в том числе работающих со всеми существующими или новыми экземплярами объектов и не требующих для этого дополнительных

усилий со стороны пользователей.

Указанные возможности сильно отличаются от того, что можно получить в рамках традиционных подходов к управлению информацией и бизнес-процессами. Следовательно, использование семантических вычислений требует существенных изменений в работе команд ИТ-специалистов.

Конечная цель применения семантических методов состоит в создании гибкой и адаптивной информационной среды, в которой:

- данные + модель = информация;
- информация + правила = знания;
- знания + действие = результат.

В нашей системе управления дорожным движением семантические модели позволяют пользователям понимать и представлять такие связи, как 1) связь между сигналами светофора и состоянием контролируемого перекрёстка; 2) связь между сигналом светофора и состоянием датчиков на прилегающих улицах; 3) связь между улицами, перекрёстками и шоссе. Семантические модели могут также работать с информацией об автобусных маршрутах и линиях метро, что в дальнейшем позволит, например, создавать справочные сервисы, предоставляющие информацию о транспортных услугах в зависимости от текущего местоположения пользователя. Анализируя совместно данные об автобусных остановках, длительности движения, интенсивности потока, состоянии дорожного полотна и т.д. можно будет прийти к новым выводам о причинах сбоев в работе общественного транспорта.

Одна из основных сложностей при использовании семантических моделей состоит в том, что одно приложение должно уметь работать с разными предметными областями или группами онтологий. Выходом может быть объединение онтологий в новую онтологию. Не обязательно при этом объединять всю информацию из исходных онтологий, так как такая интеграция может оказаться невозможной даже логически. Вдобавок, в новой онтологии может потребоваться добавление новых терминов и связей для объединения элементов исходных онтологий. В примерах, приводимых в следующих главах показано, какие средства для решения этих задач предоставляют семантические модели.

Проблема сложности производства

В современном бизнесе проблема принятия решений обостряется увеличением объёма данных и снижением срока принятия решений. Линейным менеджерам нужна информационная инфраструктура, обеспечивающая ранее предупреждение о наступлении нежелательной ситуации, ещё более ранее, чем обеспечивают имеющиеся приложения бизнес-аналитики (Business Intelligence, BI) или операционной аналитики (Operation Intelligence, OI). На производственных предприятиях информация рассредоточена по множеству «островков», которые должны быть объединены для получения возможности управления текущими рабочими процессами. Каждый островок – информационная система с собственной базой данных (System of Record, SOR), обслуживающая отдел или участок, для которого она является главным и доверенным источником информации. К SOR относятся такие разные системы, как ERP, MES, LIMS, QMS, WMS, SCADA, системы сбора данных и т.д.

Структура информации в SOR изменяется каждый раз, когда изменяется процедура подсчёта продукции на складе или структура технологического процесса, вносятся изменения в организацию производственных линий для увеличения эффективности и т.д. В SOR используются очень специфичные модели данных, разработанные для удовлетворения специфических функциональных требований для обеспечения выполнения производственных процессов в реальном времени. В современном быстроменяющемся мире динамическая природа систем управления производственными операциями (МОМ) или технологическими процессами, вкупе со значительными сроками внесения изменений в такие системы являются одними из основных факторов, тормозящих процессы непрерывного улучшения и снижающих конкурентоспособность предприятия. Они же находятся в числе главных причин повышения стоимости внедрения и поддержки интегрированных решений для управления предприятием.

Обычно SOR обладают крайне ограниченными возможностями адаптации к изменению процессов и данных, особенно при ограничениях по срокам и затратам. Именно поэтому 60-90% ИТ-бюджетов расходуются на обслуживание, а не на улучшение. Использование семантических вычислений для обработки данных из SOR (см. раздел «Семантические модели» для определения семантических вычислений) открывает гораздо более простой и короткий путь добавления новых функций. Кроме того, что более важно, применение подобных методов позволяет проверить формальное соответствие каждой SOR (и связей между SOR) разным требованиям, стандартам, процедурам и т.д. в независимости от особенностей каждой системы.

При работе производственного предприятия операции вызываются в ходе выполнения структурированных, но в то же время постоянно меняющихся бизнес-процессов и операционных процессов, использующих функции нескольких SOR. Каждая SOR участвует, наряду с оборудованием, материалами и персоналом, в исполнении рабочего процесса, в результате которого возникают динамические процессы и информационные онтологии. Так как 80-90% информации, используемой сотрудниками предприятия, уже доступно в системах, наиболее эффективно семантические технологии используются для того, чтобы сфокусировать внимание пользователя на нужных данных из различных SOR, тем самым позволив ему своевременно и точно выполнять задачи. В принципе, семантические технологии дают также возможность внесения изменений в хранилища данных, однако, учитывая текущее развитие соответствующего программного обеспечения, лучше будет использовать для редактирования содержимого источника данных соответствующую SOR.

В части 3 стандарта ISA-95 (Модели деятельности для управления производственными операциями) определено четыре модели деятельности, содержащих, в том числе, описание данных, которыми обмениваются различные SOR:

- управление производством;
- управление контролем качества;
- управление операциями технического обслуживания;
- управление складскими операциями.

В части 3 ISA-95 под управлением производственными операциями понимаются все действия, которые выполняются на производстве для координации работы

персонала, использования оборудования, материалов или энергоресурсов для преобразования сырья и/или деталей в готовое изделие. Каждая модель деятельности состоит из функций, разбитых на задачи, а также потоков, описывающих обмен данными между задачами и функциями. Функции и задачи могут выполняться при помощи оборудования, персонала и/или информационных систем в соответствии с концепциями эталонной архитектурой, разработанной в университете Пердью (Purdue Enterprise Reference Architecture, PERA). PERA лежит в основе ISA-95. Для каждой операции, входящей в маршрут выполнения производственного заказа используется некоторое подмножество деятельности, функций, задач и информационных потоков и, соответственно, различное оборудование, персонал и информационные системы применяются для выполнения этого заказа. В соответствии с этой парадигмой, операционные ресурсы (материалы (сырьё, полуфабрикаты, расходные материалы, готовые изделия), оборудование и инструменты, системы управления производственными операциями и технологическими процессами, персонал) при выполнении операционных процессов являются эквивалентами SOR. Операционные ресурсы выступают в виде источников данных и объектами действий вызванных функций, изменяющих их состояние. Другими словами, конкретные функции или процедуры обмена данными выполняются персоналом, оборудованием или SOR – информационными системами, являющимися проверенным источником заданной группы элементов данных. Применение операционных ресурсов для каждой операции маршрута представляет собой последовательное выполнение ряда задач в соответствии с определениями операций и правилами. Для большинства изделий и производственных линий определения операций и правила планирования и исполнения операций являются частью SOR. При организации совместной работы операций на протяжении всего технологического маршрута необходимо контролировать изменения определений операций и реагировать на них, сохраняя при этом целостность информации при обмене между SOR для получения желаемого результата выполнения каждой задачи.

При выполнении процессов и функций уровней 3 и 4 модели ISA используются и, возможно, изменяются, данные из разных SOR. События, возникающие в разных источниках, влияют на ход выполнения бизнес-процессов и операционных процессов, а также служат сигналом для начала и завершения их выполнения. Традиционно (то есть до начала использования семантических вычислений) некоторые процессы выполнялись вне SOR, так что часть информации о ходе их выполнения была этим системам недоступна. Другими словами, значительная часть SOR не хранила историю изменений данных, необходимую для того, чтобы полностью понимать причины и следствия таких изменений, что, в свою очередь, необходимо для ответа на вопросы «что», «где» и «почему». Информация об истории изменений данных необходима также для выполнения процедур анализа, по результатам которых выполняются процессы непрерывного улучшения. Семантические вычисления позволяют легко находить такую информацию, а также хранить её как часть записи данных в SOR.

Системы сбора и хранения производственных данных, как правило, учитывают только изменение контролируемых показателей во времени и не рассчитаны на обработку сложных транзакционных данных, хранящихся в таких SOR, как ERP-или MOM-системы. С другой стороны, ERP-системы порой страдают от отсутствия детализированной информации или функций, способных работать с быстро изменя-

ющимися данными о ходе производства. В ERP, например, очень трудно получить ответ на вопрос о том, какой производственный заказ был выполнен на конкретной машине сразу после завершения технического обслуживания. В традиционных системах для ответа на такой вопрос нужно знать, каким образом можно запросить данные об оборудовании, операциях, производственных заказах и технологических процессах у систем управления производственными операциями (системы управления производством, качеством, складскими операциями и техническим обслуживанием). Полученные записи необходимо упорядочить по времени, а также объединить для получения полной истории выполнения производственных заказов в заданное время (время последнего технического обслуживания машины). Время, будучи неотъемлемым элементом данных во всех SOR, к которым производится обращение в таком запросе, обеспечивает нужный контекст для объединения данных, полученных из разных системы. Конечно, подразумевается синхронизация времени всех SOR. Семантические вычисления также позволяют строить подобные запросы, однако в результате получатся более понятные и более простые для дальнейшего использования и изменения конструкции. Кроме того, семантические методы позволяют добиться прослеживаемости выполнения и изменения запросов.

Один из главных ресурсов производственных предприятий – библиотека стандартных процедур (SOP), определяющих наилучшие способы выполнения производственных процессов. Если продолжить предыдущий пример, предприятие должно иметь хорошо детализированные стандартные процедуры для обслуживания оборудования, проверки квалификации персонала перед назначением производственных задач, диспетчеризации производственного процесса.

Долгое время (да и сейчас в большинстве случаев) стандартные процедуры описывались на бумажных носителях, при необходимости при описании производственных процессов делалась ссылка на них. Так как действия, предписанные SOP, выполняются вручную (или, по крайней мере, без участия SOR) для построения генеалогии продукта приходится собирать, совмещать и анализировать данные на бумаге. В самом худшем случае приходится общаться непосредственно с операторами и получать данные о ходе производства на основе их воспоминаний. Использование семантических вычислений и автоматизированных бизнес-процессов и операционных процессов способно изменить эту ситуацию, однако сопротивление таким изменениям может быть довольно сильным. Современные производственные предприятия имеют стойкую неприязнь к любым серьезным изменениям, так что перед тем, как что-то менять, нужно понять самому все возможные риски и преимущества, а также научиться объяснять их окружающим.

Усложняет ситуацию также и тот факт, что информация, хранящаяся в SOR, обычно представлена в форме, удобной для решения задач, специфичных для данной системы. В тоже время такое представление может оказаться неудобным для решения более общих задач. В большинстве случаев замена или модификация SOR требует больших ресурсов, если вообще возможна. Удобно было применить технологию, учитывающую постоянные изменения, происходящие на производственном предприятии и обеспечивающую своевременный доступ к достоверной информации в форме, наиболее удобной для каждого конкретного отдела или сотрудника. Практически всем специалистам по бизнесу и производству нужна структурированная информационная среда, способная предупредить их о наступлении нежелательных событий и дающая удобные инструменты для анализа в процессе принятия реше-

ний. Семантические модели (с их способностью отделять собственно данные от средств их хранения и возможностями обработки таких данных) играют ключевую роль при построении MOM-систем, обеспечивающих такую среду.

Чем бы мы ни управляли – дорожным движением или нефтеперерабатывающим заводом – знание и понимание данных, обеспечиваемые при использовании семантических моделей критически важны при принятии решений на основе данных, хранящихся в SOR или получаемых от датчиков процесса. Возможность анализа данных практически в реальном времени позволяет повысить эффективность и гибкость бизнес-процессов и операционных процессов. Семантические вычисления значительно повышают эффективность использования данных из разных SOR, используя средства анализа и вывода знаний для того, чтобы вовремя предупредить нужного участника бизнес-процесса о необходимости выполнения того или иного действия, или же обеспечить распространение информации в случае, если нужные действия не были своевременно предприняты.

Почему именно семантические модели

Что же такое семантические модели и чем они могут быть полезны для интеграции информационных систем на производстве? Рассмотрим сначала различия между моделями информационных систем, созданными с помощью языков UML (Unified Modeling Language, унифицированный язык моделирования) и OWL (Web Ontology Language, язык создания онтологий для Web).

Язык UML используется при разработке программного обеспечения для создания различных описаний структуры и поведения объектно-ориентированных систем. Если интеграция систем управления производством, выполняемая на основе концепций информационно-ориентированной архитектуры (IOA), описывается с использованием UML, семантические модели выступают в роли функционального ядра приложения, главной задачей которого становится создание и поддержка удобной для поиска модели данных и связей, совместно представляющих знания о предметной области.

OWL – семейство языков представления знаний, используемых для создания онтологий. Языки описываются с помощью формальной семантики, а также сред RDF, схем RDF или XML-схем. OWL поддерживается W3C и представляет большой интерес как для исследователей, так и для бизнеса. Данные в таких языках представляются в виде совокупности «индивидов» (individual) и совокупности «свойств», связывающих индивидов друг с другом. Онтология представляет собой набор утверждений (аксиом), ограничивающих множество индивидов (называемое также «класс») и возможных связей между ними. Аксиомы описывают семантику, давая системам возможности получать дополнительные данные на основе данных, введенных в систему. Для подробного знакомства с впечатляющими возможностями OWL следует обратиться к руководствам по OWL, созданным W3C.

Онтологии определяют термины, используемые для описания и представления области знаний. Онтологии используются пользователями, системами управления базами данных и приложениями, которым нужно поделиться знаниями о предметной области (предметная область – любая конкретная область знаний: медицина, инструментальное производство, недвижимость, ремонт автомобилей, финансовый менеджмент и т.д.). В онтологии входят машиночитаемые определения основных

концепций предметной области и связей между ними (заметьте, что здесь и далее в данном руководстве термины «определение» и «дефиниция» используются в «интуитивном» смысле, а не в строгом смысле, рассматриваемом в логике). Таким образом, онтологии используются для кодирования знаний о структуре и связях в предметной области. Фактически, онтологии дают возможность повторного использования знаний.

Термин «онтология» используется для описания артефактов различной степени структурированности: от простых классификаций (таксономий), таких как иерархия каталогов Yahoo, до схем метаданных наподобие «Дублинского ядра» (Dublin Core) и логических теорий. Семантическому вебу требуются в значительной степени структурированные онтологии. Они должны содержать следующие данные:

- классы (обобщающие элементы) из разных областей знаний;
- связи, могущие существовать между элементами;
- свойства (или атрибуты), которыми могут обладать элементы.

Для создания онтологий обычно используются языки, основанные на логике, позволяющие полно, точно и чётко описать различия между классами, свойствами и связями. Доступны инструментальные средства, реализующие автоматический вывод на основе онтологий. С помощью таких средств можно добавлять в приложения различные интеллектуальные функции: семантический поиск и извлечение данных, поддержка принятия решений, программные агенты, понимание речи и естественных языков, управление знаниями, интеллектуальные базы данных и т.д.

Онтологии являются важной частью концепции семантического веба, так как они позволяют описать семантику (смысл) документов, что успешно используется веб-приложениями и интеллектуальными приложениями. Онтологии могут также быть полезны в качестве способа структурировании и определения значения терминов для работы с метаданными. С помощью онтологий будущие приложения смогут стать более интеллектуальными в том смысле, что смогут точнее работать на одном концептуальном уровне с пользователями.

Семантические модели дают пользователю возможность общаться с системой более естественным образом, чем обычно. Например, пусть нефтедобывающая компания включает пять подразделений в разных географических регионах. В каждом регионе находится от трёх до пяти буровых платформ, причём работа каждой платформы контролируется несколькими системами управления, реализующими разные функции. Одна из систем в числе прочих параметров контролирует температуру добываемой нефти, а другая – вибрацию насосов. Семантическая модель позволяет пользователю задавать системе вопросы наподобие «Какова температура нефти на платформе 3» не вдаваясь в детали о том, какая система контролирует температуру и какой конкретно датчик (обычно соответствующий тегу OPC) ответственен за измерение нужной температуры.

Поэтому можно считать, что семантические модели позволяют связать мир систем управления и мир, в котором живут специалисты по добыче нефти и их руководители. В мире систем управления, контрольная точка (например, кран или датчик температуры) идентифицируются по именам в конкретной системе управления. Как правило, они имеют имена типа 14-WW13. В каждой системе управления таких имён может быть несколько сотен, а то и больше, а на предприятии могут эксплуатироваться множество подобных систем. Чтобы ещё больше усложнить

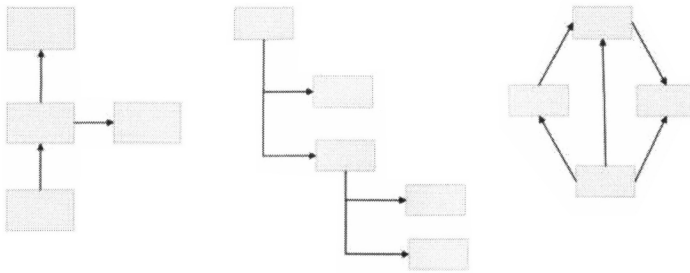


Рис. 1. Варианты структуры информационной модели: реляционная, иерархическая и сетевая

задачу поиска и агрегации информации добавим, что другие интересующие пользователя данные могут находиться в базах данных, файлах, других приложениях или сервисах. При этом каждый источник данных, как правило, имеет собственные интерфейсы и способы именования переменных.

Ключевая функция семантической модели состоит в обеспечении доступа к информации в терминах реального мира. При реализации модели информация представляется в виде так называемых триплетов, имеющих общий вид «субъект-предикат-объект». Например:

- резервуар №1 «имеет» датчик №7;
- резервуар №1 «принадлежит» платформе №4;
- платформа №4 «принадлежит» региону №1.

Перечисленные триплеты совместно составляют онтологию для региона №1 и могут быть сохранены на сервере модели, как это показано далее в данной статье. Подобная информация, с помощью языка запросов, используемого в модели, легко позволяет дать ответ на вопрос типа «Какова температура резервуара 1 на платформе 4?», гораздо легче, чем при отсутствии семантической модели, сопоставляющей инженерные термины реальному миру.

Другое преимущество семантических моделей для приложений такого типа состоит в облегчении обслуживания и сопровождения. Рассмотрим рис. 1.

Модель, описанная выше, может быть реализована с использованием любого из подходов, приведённых на рис. 1. В реляционной модели связи между сущностями описываются с помощью первичных и внешних ключей, а также с помощью дополнительных сущностей (в случае связи «многие-ко-многим»). Изменение связей в такой модели является довольно громоздкой задачей, так как требует изменения структуры самой модели, что может оказаться очень непросто в случае заполненной и интенсивно используемой базы данных. Извлечение данных из такой базы также может быть затруднено необходимостью создания сложных запросов, включающих многочисленные объединения таблиц базы данных.

Иерархическая модель имеет сходные ограничения, которые особо сильно проявляются при заполнении базы данных. Кроме того, такая модель не очень удобна

для выполнения «горизонтальных» запросов (например, «Какова температура на всех платформах региона №1»).

При реализации семантических моделей обычно применяется графовая модель, так как она наиболее удобна и при извлечении данных, и при редактировании связей. Пусть, например, необходимо добавить новую связь, не учтённую при первоначальной разработке модели. Для этого к хранилищу данных всего лишь нужно добавить новый триплет. Отсюда ясно, что связи в данной модели являются частью самих данных, а не определяются структурой базы данных или свойствами конкретной SOR.

Более того, приложения могут просматривать модель с различных перспектив и использовать её для ответа на разные вопросы, даже такие, о которых никто не думал во время проектирования и создания модели. Другие же информационные модели, напротив, требуют внесения изменений каждый раз, когда обнаруживаются новые вопросы.

Семантические модели, основанные на графах, делают возможным вывод на основе неявных зависимостей между данными. Рассмотрим, например, онлайн-сервис по продаже книг или музыки. Такие приложения могут, помимо всего прочего, выдавать вам рекомендации на основании данных о ваших предыдущих покупках. Подобные рекомендации вы могли видеть во многих интернет-магазинах, периодически сообщаящих вам, что «если вам понравился данный фильм, обратите внимание и на эти» или «если вам нравится этот альбом, то, возможно, понравятся и эти».

Один из способов решения этой задачи состоит в использовании семантической модели, в которую нужно добавить связи наподобие «Епуа <похоже на> Celtic Women». В дополнении к явной информации, данная онтология говорит о том, что оба исполнителя относятся к жанру New Age. Такие связи, однажды определённые в модели, значительно упрощают выдачу рекомендаций для покупателя.

На пути к семантическим моделям: эволюция моделей данных

За последние 50 с лишним лет разработано множество подходов к интеграции систем и представлению информации и процессов. Среди них можно выделить подходы, ориентированные на данные, на сообщения и на информацию. Ниже мы попытаемся дать ответы на следующие вопросы:

- в чём сходства и отличия этих подходов?
- когда лучше всего применять семантические модели с точки зрения архитектуры?
- какие преимущества несёт использование семантических моделей?

Централизованная обработка данных

В течение долгого времени, с 50-х до 80-х годов, использование монолитных приложений требовало, чтобы все данные управлялись самим приложением. Был возможен только локальный доступ к данным; все определения, связи, знания описывались и хранились внутри приложения. Все пользователи системы (довольно



Рис. 2. Эволюция подходов к интеграции систем

немногочисленные) обладали необходимыми знаниями, так что задача интеграции не была актуальной.

Шло время, компьютеры становились всё более простыми в использовании и получали всё большее распространение на производственных предприятиях. На производстве появились программируемые логические контроллеры (ПЛК) и встроенные системы. Сложность систем управления производственными операциями возрастала всё быстрее. Начиная с 90-х годов для обеспечения одновременного доступа к ресурсам базы данных стали использоваться клиент-серверные архитектуры.

При использовании централизованного хранилища данных приложение владеет всеми имеющимися данными, а другие приложения могут обращаться к нему для запроса данных или каких-то операций с ними. Последняя задача решалась с помощью прямого обращения к приложению посредством интерфейсов прикладного программирования (API) или удалённого вызова функций (RFC, Remote Function Call). API и RFC содержались в клиентских библиотеках, включенных в состав клиентского (инициирующего обращение) приложения. При таком подходе клиентское приложение становилось ответственным за понимание семантики центральной системы, а также за все преобразования данных. Несмотря на эффективность с точки зрения времени реакции на запрос, такой подход затруднял сопровождение системы. Кроме того, надёжность получившегося решения была не очень высокой, так как сбой в одном приложении легко мог повлиять на работу других приложений. Методы проверки данных были документированы не очень хорошо. В результате, появление новых задач обработки данных или новых потребителей вело к необходимости разработки новых программ и новых способов или спецификаций проверки данных. На практике существование нескольких «версий правды» приводило к тому, что пользователи тратили от 50 до 75 процентов времени на сравнение и проверку данных перед тем, как начать их использовать. Время подготовки данных могло увеличиться ещё сильнее с ростом сложности систем и интеграции новых систем. Семантические модели позволили бы снизить время подготовки.

Централизованные данные

Альтернативой приложениям, единолично владеющим данными, явились системы с централизованной архитектурой хранения данных. Такой подход явился значительным шагом вперёд по сравнению с предыдущим, так как теперь приложениям не обязательно было напрямую связываться друг с другом для обмена данными. В новой архитектуре единожды определялись все важные для управления бизнесом или производством данные, а системы и приложения обменивались данными посредством получившегося хранилища или просто использовали его. Фактически, при таком подходе создавалась модель данных, единая и для централизованного

хранилища данных, и для клиентских приложений, работающих в соответствии с правилами и требованиями хранилища данных. Однако, к сожалению, данные поступали в хранилище из множества разрозненных SOR, каждая из которых использовала собственные правила и методы проверки данных. Так что проблема нескольких «версий правды» никуда так и не делась.

В качестве одного из примеров можно привести ранние версии SAP, представляющие собой (или, по крайней мере, кажущиеся) набор из более чем 40 отдельных приложений, взаимодействующих через общее хранилище данных. Несмотря на поддержку других подходов к интеграции сторонних приложений, SAP, фактически, сделал обмен через общую базу данных стандартным способом взаимодействия между компонентами, что привело, например, к постоянному дублированию данных.

Подходы к интеграции систем до появления XML, несмотря на кажущуюся простоту и удобство, были реализованы с использованием жёстко заданных структур данных. В результате системы оказывались тесно связаны друг с другом, а каждая из систем попадала в зависимость от изменения данных и их структуры. В результате самым ненадёжным элементом общей системы становилось хранилище данных. В бизнес-приложениях это было не так страшно, однако многие системы управления производством, работающие в реальном времени, пострадали от сбоев и снижения эффективности работы.

Распределённое управление данными

С развитием компьютерных сетей в 90-х годах сложность систем всё более возрастала, так как теперь появилось множество распределённых систем, состоящих из отдельных приложений, взаимодействующих друг с другом. Более ранние решения, несмотря на стремление отказаться от монолитной архитектуры, всё же были основаны на единых моделях и создавались для одной области применения.

В конечном счёте всё это привело к появлению нового класса систем, представители которого объединяли множество приложений для достижения новой функциональности и использовали данные, хранящиеся в каждом приложении, для решения задач, о которых и не подозревали их разработчики. При таком подходе каждое приложение рассматривается как SOR – информационная система, являющаяся авторитетным источником получения заданного элемента данных или информации.

Проблемы, выраставшие из распределённого характера новых систем, быстро привели к осознанию того, что распределённые архитектуры являются трудными для реализации и хрупкими. Нужно было найти новый способ организации обмена данными между системами, такой способ, который бы учитывал возможность сбоев передачи данных и возможную недоступность некоторых приложений. В результате были предложены слабосвязанные архитектуры на основе обмена сообщениями.

Архитектура на основе сообщений (MOA)

Архитектура, ориентированная на сообщения, предназначена для реализации обмена информацией (документами) без учёта их смысла или дальнейших способов обработки.

Что это значит? В первую очередь то, что МОА ориентирована на передачу больших объёмов разнообразной информации. Рассмотрим, например, биржевые данные. Пусть финансовая компания использует систему обмена информацией (например, TIBCO, MQ, MSMQ и т.д.) для того, чтобы распространять данные об изменении биржевой стоимости среди всех заинтересованных приложений. В МОА не имеет значение, что каждый потребитель делает с информацией о биржевой стоимости после получения, системы на основе МОА просто информируют приложения-потребители о случившемся. Поэтому МОА, как правило, используется для решения задач синхронизации данных и рассылки сообщений. В результате часто системы на основе МОА работают по принципу подписки, когда клиентские приложения указывают, какие данные им интересны (становятся подписчиками), а система на основе МОА извещает их в случае изменения этих данных.

Сама по себе МОА не содержит сведений о модели данных для рассылаемой информации. Она просто обеспечивает доставку данных из точки А в точку В с заданным уровнем качества. Ничего не предпринимается ни для определения содержимого сообщения, ни для определения его семантики.

Однако МОА может быть расширена с целью использования структурированных данных, особенно при обеспечении двустороннего обмена данными. Для этого, как правило, используются различные отраслевые стандарты. В качестве примеров можно привести EDI (стандарт обмена электронными данными), B2MML (XML-реализация стандарта ISA-95) и BatchML (XML-реализация стандарта ISA-88). Подобные модели данных могут использоваться и при централизованном хранении данных.

Сервис-ориентированная архитектура (SOA)

В то время как МОА разрабатывалась для облегчения взаимодействия между приложениями в распределённых системах, типичные системы продолжали строиться на основе подхода к интеграции «точка-к-точке», при котором вся семантика пряталась внутри приложения и становилась, как правило, полностью недоступна при работе приложения.

Сервис-ориентированная архитектура (SOA) предлагает стандартный подход к обеспечению обмена данными между приложениями или их компонентами. В SOA вводится понятие платформонезависимого описания интерфейса для обмена данными, которое, помимо всего прочего, доступно не только при разработке, но и при выполнении программы. В результате, клиенты могут находить информацию и получать её во время работы системы, что было невозможно в рамках МОА без подробных данных о структуре сообщений и системы обмена сообщениями. К сожалению, в описание интерфейса можно включать не всю информацию, но всё равно такой подход обеспечивал значительное упрощение обмена данными. При условии корректного проектирования и управления улучшения оказывались весьма ощутимыми.

При использовании SOA потребитель (клиент) взаимодействует с поставщиком информации или услуг для решения нескольких хорошо определённых задач (например, для обработки заказа). Информация специфична для этой задачи и изменяется не слишком часто. При изменении информации для обеспечения обратной совместимости с уже имеющимися системами добавляется новый сервис. Каждое

определение сервиса содержит сведения о семантике сервиса и данных, однако не несёт никакой информации о знаниях, хранящихся в системе.

Информационно-ориентированная архитектура (IOA)

Подходы, описанные ранее, можно рассматривать как дополняющие друг друга. Возможно, имеет смысл использовать их совместно, так как на производстве имеются разные системы, и ни один из них, возможно, не является наилучшим во всех случаях. Наоборот, каждая новая архитектура должна предоставлять способы эффективной работы совместно с уже имеющимися системами. Здесь нужна только эволюция. Революции, как правило, неосуществимы или, по крайней мере, невыгодны. IOA расширяет возможности SOA, добавляя стандартные информационные модели и средства, позволяющие расширить возможности систем управления бизнесом и производством. IOA обеспечивает основу для совместной работы различных бизнес-процессов для создания новых приложений с использованием стандартных информационных моделей. Такие модели описывают стандартные способы обмена данными, а также способы преобразования данных в процессе обмена. Основное отличие от предыдущих подходов состоит в том, что приложения обмениваются не только данными, но и информационными моделями, так что нет необходимости реализовывать модель в каком-то конкретном сервисе. Трудности связаны с тем, что модели данных разрабатываются для ответа на заранее определённые вопросы. Переориентация их для решения других задач требует использования правил управления и выполнения, сходных с SOA.

Семантические модели, в свою очередь, определяют данные на элементарном уровне, так что модели для решения любых задач легко строятся даже без копирования данных из соответствующего источника. Конечно, семантические вычисления подходят не для всех задач, однако можно выделить целый ряд применений, для которых они будто специально созданы. В качестве примеров можно привести: 1) точные и гибкие системы управления; 2) процедуры проверки безопасности системы (HAZOP); 3) управление данными о продукции в ходе всего жизненного цикла: от проектирования до сопровождения. Несмотря на то, что обычно эти задачи затрагивают не очень много пользователей и требуют выполнения небольшого количества довольно длительных процессов, применение семантических моделей повышает масштабируемость.

В состав IOA в дополнение к обычным средствам SOA включают средства управления НСИ (MDM, Master Data Management), а также средства бизнес-аналитики (BI) и операционной аналитики (OI). В блоге, посвящённом интеграции (<http://www.dataintegrationblog.com/robin-bloor/heart-information-oriented-architecture-middleware/>) Робин Блур подчёркивает, что в состав IOA могут включаться семантические карты для описания контекста для данных, используемых системами MDM и связанными с ними приложениями. Эта мысль совпадает с основным посылом данной статьи. Несмотря на то, что описанные ранее подходы доказали свою полезность, им недостаёт средств описания контекста обрабатываемых данных. Концепции SOA в совокупности со стандартными форматами сообщений (определёнными, например, в OAGIS, B2MML или BatchML) позволяют создавать и интегрировать процессы и приложения для обеспечения конкретных сервисов,

таких как управлением заказами или отслеживание продукции. Однако контекст клиентским приложениям всё ещё недоступен.

В IOA контекст обеспечивается путём добавления новой модели верхнего уровня, отражающей концепции предметной области (реальный мир). В этом случае каждому запросу (и связанным с ним сервисам, определениями данных и т.д.) ставится в соответствие элемент данной модели, определяющий смысл запроса и его контекст. Например, используя стандарты ISA-95 и ISA-88 можно создать модель производственного предприятия. Модель может, в том числе, содержать иерархическое описание буровых платформ. На нижнем уровне такой модели будет находиться оборудование, используемое на платформе, например, насосы и электродвигатели. С каждым из них будут связаны возможные запросы, действия, отчёты и т.д. В результате будет обеспечен контекст, позволяющий задавать системе вопросы типа «найти запланированные работы для данного насоса», «сообщить текущую температуру данного мотора» или «вычислить среднее значение pH для данного резервуара за неделю». Если такие средства добавить к IOA, она начнёт работать также, как средства семантических вычислений. Один из документов, в котором описаны подобные средства – стандарт интеграции данных о жизненном цикле для непрерывных производства (в том числе нефтегазовых) ISO 15926.

Все данные могут быть различными путями получены для любой архитектуры из описанных выше. Что отличает семантические модели, так это возможность обеспечения контекста независимо от поставщика данных, а также возможность лучшего контроля данных. Семантические вычисления облегчают доступ к данным и позволяют связать операции над данными с событиями, происходящими на объектах реального мира.

Архитектура на основе моделей (MDA)

До настоящего момента мы обсуждали, как семантические модели могут помочь при решении задачи интеграции информационных систем и, возможно, при создании составных приложений с использованием SOA, межплатформенного ПО, семантических вычислений и, по возможности, общих информационных моделей. Семантические вычисления позволяют легко создавать новые информационные модели для решения новых задач и, тем самым, позволяют избежать необходимости создания общих информационных моделей с жёсткой структурой во время создания системы. Может показаться, что в этом семантические вычисления очень похожи на то, что раньше называлось архитектурой, ориентированной на модели (Model Driven Architecture), но на самом деле это далеко не так. В основе MDA (основные концепции MDA изложены, например, в отличной книге Алана Брауна «Введение в архитектуру, ориентированную на модели») лежит использование моделей при проектировании приложений для ускорения и улучшения процессов проектирования и разработки, включая, возможно, и автоматическую генерацию кода. В настоящей статье, напротив, основное внимание уделяется целенаправленному использованию моделей совместно с SOA и соответствующим ПО для обеспечения обработки информации с учётом контекста независимо от изначального места хранения информации.

Информационная модель - сердце семантической модели

Термин «информационная модель» (ИМ) часто используется для обозначения моделей отдельных сущностей, таких как оборудование, здания, производственные предприятия и т.д. В информационной модели формализуется описание проблем и задач предметной области, при этом в информационной модели не содержится никаких сведений о реализации модели в будущей информационной системе. Для простоты представим, что информационные модели позволяют получить абстрактное представление различных данных. В информационной модели приводится описание значения данных (онтология) и возможностей использования этих данных. В семантических вычислениях эти данные могут использоваться для того, чтобы получать ответы на вопросы пользователей. В настоящее время большинство существующих систем используют семантические вычисления для получения ответов на фиксированный набор вопросов, определённых заранее. Информационная модель позволяет получить абстрактное представление данных, используемое при проектировании процедур генерации ответов.

Отличным примером предметно-ориентированной информационной модели является ISA-95. Целью её создания была оптимизация производственной деятельности путём управления четырьмя видами операций, описанных выше (см. раздел «Проблема сложности производства»). В ISA-95 ясно сказано, что представленные в стандарте модели не отражают организационных структур конкретного предприятия, а являются моделями операционной деятельности. Разные компании могут распределять обязанности по выполнению разных функций среди разных подразделений. Другими словами, ISA-95 определяет данные и объекты, необходимые при управлении производственными операциями. В моделях не содержится сведений ни о необходимых информационных системах, ни о способах их реализации и интеграции. Информационные модели помогают нам понять, как связаны друг с другом разные куски информации, а не указывают, как разрабатывать информационные системы, их хранящие.

Другой пример использования информационных моделей – уже упоминавшийся выше стандарт ISO 15926. Стандарт содержит описание управления информацией о жизненном цикле оборудования и предприятия в целом, начиная от определения концепции и проектирования и заканчивая эксплуатацией и сопровождением (operations and maintenance, O& M), где также применимы модели ISA-95. ISA-95 дополняет ISO 15926, описывающий использование базы данных изменений, хранящей информацию обо всём оборудовании и его конфигурации. Для обеспечения целостного представления такой информации используются модели ISA-95.

Семантические модели также относятся к информационным моделям. Семантические модели позволяют найти схожие черты и тенденции в данных, а также помогают исследовать связи между разрозненными порциями данных. Важнейшими элементами семантической модели являются:

- словарь – набор понятий, для каждого из которых задано чёткое значение, неизменное для любого контекста;
- онтология – контекстно-зависимое описание связей на основе предварительно определённого словаря, краеугольный камень представления знаний.

Семантические модели состоят из набора понятий и связей между ними. Например, для производственного предприятия в число таких понятий могут входить «Заявка на продукцию», «Партия» или «Оборудование». В качестве семантического словаря в таком случае можно использовать первую часть стандарта ISA-95, в котором ясно и чётко определены основные понятия и концепции предметной области. Назначение понятия дополнительно поясняется заданием связей с другими понятиями. Так, например, связаны понятия «Класс оборудования» и «оборудование». Так как оборудование семантически связано с классами оборудования, пользователи или другие системы могут получить данные обо всём оборудовании определённого класса (например, термпопластавтоматы) с использованием семантических моделей.

Несмотря на то, что стандартных способов представления связей в семантических моделях не существует, в большинстве случаев используется одна из следующих конструкций:

- INSTANCE (экземпляр): x3456 is an INSTANCE of Batch (объект x3456 является экземпляром партии);
- IS_A (является): Reactor IS_A Equipment (реактор является оборудованием);
- HAS_PART (содержит): Reactor HAS_PART Heater (реактор содержит нагреватель).

Семантические модели должны изменяться при изменении данных. Например, при добавлении новых описаний сегментов продукта (спецификации изделий в терминах ISA-95) может потребоваться внести изменения информационную модель – связать новые сегменты продукта с операциями или сегментами процесса. Другие нечисловые данные, касающиеся операций и сегментов, могут подаваться на вход постоянно меняющихся моделей, тем самым увеличивая объём знаний о взаимосвязях в предметной области.

В семантических вычислениях такие изменения выполняются явно и изначально встроены в инфраструктуру информационных моделей.

История операций (Operations Lineage)

Главная задача информационного моделирования состоит в разработке гибкой и понятной методологии и терминологии, обеспечивающих доступ к данным, хранящимся в различных системах, с учётом контекста для лучшего управления данными и повышения гибкости и конкурентоспособности предприятия.

Один из важнейших элементов контекста данных – генеалогия, то есть упорядоченный архив всех изменений данных. Наличие такого архива критически важно для многих аналитических приложений, он позволяет ответить на такие вопросы, как:

- материалы из какой партии использовались при производстве изделия?
- когда были получены сведения?
- какие выводы были сделаны?

Например, при расследовании аварии на нефтяной платформе BP в Мексиканском заливе можно было бы попытаться получить ответы на следующие вопросы:

- когда и кем было принято решение о покупке данной модели противовыбросного превентора?
- когда начались сбои в работе гидравлической системы?
- почему было принято решение о продолжении работы без их устранения?

Данные о генеалогии обеспечивают дополнительный контекст, связывающий конкретные объекты с данными о событиях и операциях. Становится доступной информация о длительности производственного процесса, использовании оборудования, преобразовании сырья, производительности системы или действиях персонала. В идеальном случае данные должны записываться в момент:

- появления в SOR (введена заявка на производство продукции);
- выдачи задачи оператору (предоставление оператору списка текущих задач);
- изменения состояния оборудования, информирующего о начале производственного процесса (начинается производство изделия).

Архив данных об операциях, собранный таким образом, позволяет рассчитать показатели производительности производственного процесса, оборудования или операторов.

В силу того, что изменения происходят в отдельных системах, ни одна из SOR в отдельности не может обеспечить сбор полного набора данных об истории производства. Каждая SOR лишь добавляет свой кусок в общую картину. Из-за этого часто приходится иметь дело с неполными или непонятными историческими данными – ни одна SOR не может обеспечить всестороннего описания хода производства. Семантические вычисления позволяют связать данные о производстве партии изделий без внесения каких-либо доработок в исходные SOR.

Проблемы при обработке данных

К сожалению, далеко не всегда данные, хранящиеся в разных SOR на производственном предприятии, проверены и представлены в виде, удобном для обработки (например, в табличном). Как правило, для хранения данных используется пёстрый набор сложных структур, включая иерархические структуры, коллекции, массивы и т.д. Такие структуры удобны для компьютерной обработки, людям они не так понятны. Ещё хуже то, что большинство инструментов бизнес-аналитики, имеющихся на рынке, предназначены для работы с данными, хранящимися в таблицах. При использовании семантических вычислений предлагается решить данную проблему с помощью специальных «обёрток» - программ, приводящих данные к единому формату. При таком подходе SOR остаются нетронутыми, а унифицированный доступ к данным позволяет значительно повысить эффективность работы.

Для иллюстрации проблем, связанных с различным представлением данных, рассмотрим стандарт OPC. Он содержит различные спецификации для доступа к переменным технологического процесса в реальном времени, данным об ошибках и событиях, сложным данным, архивным данным и т.д. Каждая спецификация содержит собственную информационную модель, соответствующую описанным в спецификации задачам. В то же время даже простейший аналоговый источник данных, например, датчик давления, имеет атрибуты и связи со множеством других объектов (см. рис.3), при этом данные, которые можно получить из их анализа могут

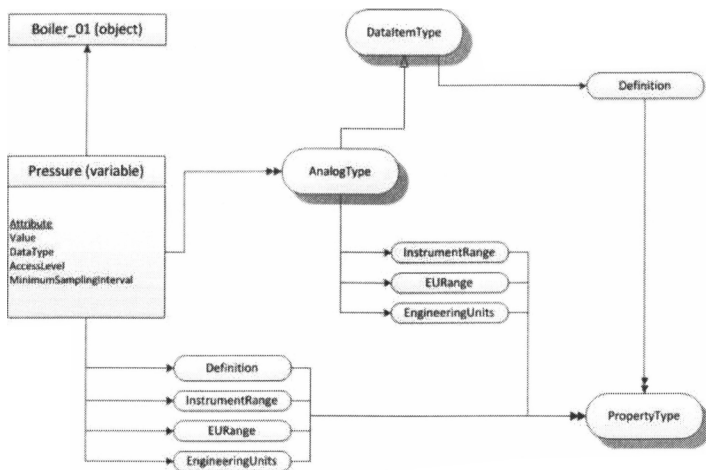


Рис. 3. Представление аналогового датчика в OPC UA

быть очень важны (например, пределы измерений прибора или единицы измерения).

Другой пример – использование объектов ISA-95. Например, из рис.4 видно, что возможности оборудования описываются с помощью набора свойств, при этом в одном запросе могут понадобиться далеко не все из них. Кроме того, каждое свойство представляет собой сложный объект, содержащий множество элементов данных.

Семантические модели позволяют определить подобные структуры и предоставить средства, помогающие пользователям и системам получить необходимую информацию. С их помощью можно будет, например, задать список свойств и производственных машин, для которых нужно узнать значения свойств, после чего вся необходимые данные будут получены.

В зависимости от используемой технологии все данные могут быть получены с помощью одного или нескольких запросов к SOR. Формат данных разнится от XML-документов (B2MML, BatchML) и двоичных объектов (OPC, Tibco, MSMQ) до веб-ресурсов, доступных с помощью URI (обобщённая версия URL). Недостаточно просто установить связь с источниками данных. Специфичные для конкретных приложений форматы должны быть преобразованы к общим стандартным форматам, понятным и доступным для всех клиентов. Без словаря, предоставленного моделью и соответствующих промышленных стандартов все знания остаются запертыми внутри SOR.

Например, OPC UA обеспечивает семантический доступ к данным и различным операциям над ними: расчёт среднего, поиск минимальных и максимальных значений и т.д. Также явно доступны данные о достоверности значений.

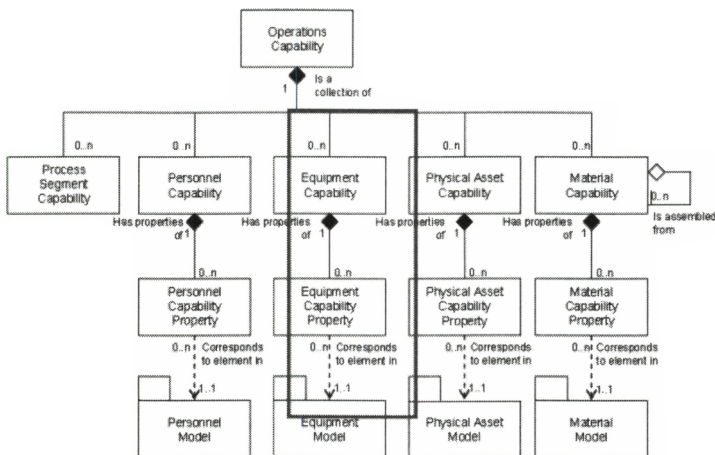


Рис. 4. Модель производственных мощностей в ISA-95

Семантические модели

В этом разделе мы расскажем о семантических моделях и их реализации с помощью серверов моделирования (см. ниже).

В соответствии с определением, данным консорциумом W3C семантические вычисления обеспечивают создание общей платформы, позволяющей реализовать совместный доступ и повторное использование данных невзирая на технические, организационные или другие границы. В то время как главная функция Всемирной сети – обеспечение общего доступа к документам, семантический подход предлагает средства, обеспечивающие общий доступ к элементам данных, а также позволяющие компьютерным приложениям запрашивать и «понимать» данные. Методы семантических вычислений позволяют работать с различными форматами данных, получаемых из самых разных источников. Кроме того, с их помощью обеспечивается понимание связей в данных – связи идентифицируются и анализируются на основе смысла хранимых данных, а не явно или неявно заданных связей и ссылок.

Системы, работающие на основе использования семантических методов, в соответствии с определением Тима Бернерса-Ли имеют многоуровневую архитектуру, в основе которого лежит XML, с помощью которого реализуется поддержка пространств имён и определение схем для обеспечения общего синтаксиса для всей системы. На следующем уровне реализуется поддержка среды описания ресурсов (Resource Definition Framework, RDF) и RDF-схем (RDFS). RDF предоставляет основу для графового описания ресурсов. Несмотря на то, что RDF была разработана для представления информации о веб-ресурсах, она может использоваться и для работы с другими данными, как это будет показано далее. Ядро определение элемента RDF содержит триплеты вида «субъект-предикат-объект». Для машиночитаемого представления RDF используется XML (RDF/XML).

В RDF-модели триплеты представляются в виде графа. RDF-схема (язык опи-

сания словарей RDF) содержит дополнительные знания, такие как используемые термины, ограничения, дополнительные связи. RDF-схема создаётся для описания иерархии классов (в отличие от разрозненных ресурсов в RDF) и формализованных связей между ресурсами (типизация и наследование). RDF-схемы используются для описания простых онтологий. Более сложные онтологии могут быть созданы с использованием языка описания онтологий (Web Ontology Language, OWL). Словарь онтологий – следующий уровень архитектуры семантической системы.

Как говорилось ранее, онтологии обеспечивают понимание концепций (терминов и связей) предметной области с помощью словаря и модели иерархии. Онтология, созданная для конкретной предметной области может использоваться для поддержки работы самых разных приложений, решающих задачи данной предметной области. Кроме того, можно разработать онтологии, содержащие описание более общих терминов и связей. Такие онтологии будут пригодны для использования в нескольких предметных областях.

Онтологии определяют сущности и связи для представления знаний, которые могут совместно использоваться разными приложениями в различных отраслях промышленности. Для этого в онтологиях поддерживается чётко определённая модель наследования свойств. OWL позволяет использовать сложную семантику для описания механизмов, позволяющих описывать более сложные связи между сущностями, в том числе:

- ограничение возможных типов и значений свойств класса;
- возможность определения принадлежности объектов одному классу;
- средства описания наследования свойств;
- и т.д.

С помощью таких средств могут описываться более общие знания (онтологии верхнего уровня, upper ontologies), которые в дальнейшем могут использоваться для поддержки приложений в заданной области знаний (частные онтологии, domain ontologies).

Для семантической обработки данных необходимы также словари, определяющие основные термины и связи. В качестве основы для построения словарей, обеспечивающей возможность определения типов данных и взаимосвязей между различными типами (например, наследования) могут использоваться RDF-схемы. Для более подробного описания могут использоваться онтологии, созданные с помощью OWL. OWL основан на RDF, однако предоставляет пользователю дополнительные языковые средства. OWL позволяет также определять спецификации и профили. Использование профилей, ограничивающих использование терминов позволяет облегчить реализацию семантической обработки данных, так как становится возможным использование средств автоматического логического вывода (такие средства (inference engine) описаны далее). Существует также упрощённый вариант OWL (OWL Lite), предназначенный для задач, в которых требуются только средства определения иерархий и простейшие средства задания ограничений. OWL DL (названный так из-за связи с дескриптивной логикой (descriptive logic, DL)) используется для обеспечения гарантированной вычислимости и разрешимости всех логических заключений. Наконец, OWL Full используется в случае, когда пользователю требуются максимальные средства RDF без гарантий вычислимости.

SPARQL (SQL Protocol and RDF Query Language – язык запросов на основе RDF и протокол передачи данных) – SQL-подобный язык запросов данных, описанных с помощью RDF. SPARQL используется для запроса графов RDF и предоставления содержимого выбранных подграфов. SPARQL можно использовать как для запроса онтологий, так и конкретных данных. Результаты запроса могут быть представлены в стандартной форме для дальнейшего использования в Excel, MS SQL Reporting Services и т.д. SPARQL можно рассматривать как удобное средство доступа к распределённым данным, позволяющим повысить эффективность использования традиционных средства анализа.

Примером специализированной реализации OWL служит стандарт ISO 15926, описывающий средства управления данными жизненного цикла для нефтегазовых предприятий.

Серверы моделирования

В данном разделе описана роль серверов моделирования как средств обработки семантических моделей во время работы.

Сервер моделирования (или менеджер моделей) обеспечивает основу для развёртывания и использования модели. Сервер должен предоставлять определённый набор ключевых сервисов, необходимых для использования и управления как самой моделью (онтологией), так и данными, связанными с моделью. Кроме того, сервер должен поддерживать прикладные интерфейсы, необходимые для запроса и обновления данных. Наконец, задача сервера состоит в выполнении семантических моделей, рассмотренных ранее. Данная задача решается с использованием различных программных средств, таких как Jena, Joseki, Sesame и Pellet. Все эти средства имеют открытый исходный код.

Серверы моделирования содержат несколько слоёв, обеспечивающих сохранение данных между обращениями к серверу, в том числе базы данных и файловые хранилища. Как правило, файлы в таких хранилищах имеют формат RDF/XML, однако могут использоваться и другие форматы, например, N3 или Turtle. Несмотря на то, что для хранения данных в формате RDF могут использоваться реляционные базы данных, операции извлечения таких данных из реляционных СУБД зачастую являются неэффективными. Кроме того, при использовании реляционной БД можно потерять возможность изменения модели без изменения структуры базы данных. Лучше всего оптимизировать структуру хранилища для данных, представленных в виде триплетов, соответствующих формату «субъект-предикат-объект», принятому в RDF. Хранение данных в виде триплетов обеспечивают, например, Jena и Sesame.

При рассмотрении серверов моделирования на самом верхнем уровне нет необходимости понимать структуру хранящихся данных. Однако при рассмотрении дополнительной функциональности такое понимание становится необходимым. Хорошими примерами являются Jena и Sesame.

Следует учесть, что Jena – «основанная на Java платформа для создания программного обеспечения для семантических вычислений», а не полнофункциональный сервер моделирования. Цель проекта Joseki состоит в создании на основе Jena серверного программного обеспечения, предоставляющего HTTP-интерфейс к данным в формате RDF, а также интерфейс для просмотра и изменения данных с использованием SPARQL. Кроме того, в состав Jena входят средства программ-

ного интерфейса для работы с данными в формате RDF, а также средства логического вывода. Для обеспечения таких функций Jena требуется «понимание» RDF-онтологий, т.к. под логическим выводом понимается возможность получения фактов, напрямую не отражённых в онтологиях.

Средства логического вывода Jena поддерживают вывод для данных, представленных с помощью RDF, RDFS или OWL, однако функциональность этих средств не всегда достаточна. Поэтому Jena обеспечивает интерфейс для подключения дополнительных средств логического вывода. К таким средствам относится, например, Pellet – открытое ПО, полностью поддерживающее OWL DL и могущее работать совместно с Jena. Аналогичным образом могут быть добавлены средства, поддерживающие RDFS и OWL и обеспечивающие логический вывод из данных и описаний классов.

Как и Jena, Sesame представляет собой платформу создания приложений и поддерживает хранение данных, интерфейс прикладного программирования и средства логического вывода. Средства вывода, встроенные в Sesame, поддерживают RDF и RDFS, однако не могут работать с OWL. Вы можете формировать запросы к данным в RDF или RDFS и получать на них ответы, в том числе ответы, содержащие информацию, не выраженную в исходных данных явно. Так как всё то, что может быть выведено, может быть и сформулировано, один из подходов к организации поддержки логического вывода состоит в том, чтобы явно добавить такую информацию при вводе данных. В этом состоит подход Sesame.

Семантические модели и средства управления моделями

Данный раздел посвящён сервисам, предоставляемым программным обеспечением промежуточного уровня (middleware), ответственным за управление моделями. Основная задача таких приложений состоит в обеспечении базы, облегчающей создание приложений, использующих семантические модели, а также интеграцию в реальном времени операционных данных и соответствующих корпоративных систем. Важнейшей частью ПО управления моделями является базовый набор сервисов, позволяющих разворачивать, выполнять и управлять семантическими моделями на основе ранее описанных подходов. Кроме того, необходимо поддерживать онтологии и различные их варианты. Например, онтологии могут основываться на отраслевых стандартах (ISA-95, ISA-88, ISO 15926 и т.д.) и служить основой для создания модели предприятия, содержащей элементы вплоть до отдельных единиц оборудования, материалов и связанных с ними измерений.

Другим важнейшим компонентом является поддержка ориентированных на модель адаптеров, обеспечивающих интеграцию самых разных источников данных (ОПС, базы данных, разные приложения, поддерживающие обмен данными с помощью веб-сервисов (например, средства САПР)) и перенаправление данных из этих источников к нужным элементам модели.

Следовательно, ПО управления моделями должно обеспечивать две точки зрения на модель:

- эталонная модель (например, онтология), определяющая классы и связи между ними, но не отражающая ни одно конкретное предприятие или средство производства;

- экземпляры модели, соответствующий экземпляру конкретного класса, однозначно связанному с объектом реального мира. Экземпляр характеризуется набором свойств (например, серийный номер, местоположение, температура) и связями с другими экземплярами модели.

В качестве примера использования отраслевых стандартов (ISA-88/95, OAGIS, MIMOSA и т.д.) для создания моделей, рассмотрим пример, основанный на опыте выполнения проекта для производителя краски.

На рис.5 показаны экземпляры классов ISA-95: компания, завод, производственная единица. Все они, вместе с дополнительным классом «Производственное оборудование» используются для создания физической модели, охватывающей уровни начиная с компании целиком и заканчивая конкретным производственным оборудованием.

На уровне производственного оборудования определена связь между классами измерений и конкретными адаптерами и источниками данных. После того, как модель описана и привязана к источникам данных, она может использоваться для получения всех функций, описанных ранее.

В рассматриваемом примере приложение, которому нужно получить данные о том или ином оборудовании, например, ёмкости, теперь обращается к единому источнику – серверу моделирования, обслуживающему экземпляр модели. Таким образом можно получить данные о значениях параметров оборудования (например, температура) в реальном времени, исторические и агрегированные данные (например, средняя температура за неделю), а также ответы на более сложные запросы (например, производственные задания для данного оборудования, оборудование схожего типа и т.д.). Сервер моделирования обеспечивает:

- обработку запросов от приложений, которым требуется операционная информация об оборудовании. При этом запросы могут формироваться с использованием одного языка или единых соглашений об интерфейсе независимо от действительного места хранения данных: SCADA-система, производственное хранилище данных или программная система, такая как SAP или Maximo;
- представление данных об оборудовании и соответствующей иерархии производства выполняется в соответствии с отраслевыми стандартами (например, ISA-95) и не зависит от форматов, используемых в источниках данных;
- представление оборудования в модели может легко расширяться для включения новой информации, могущей быть полезной в будущем. Например, данные о сбоях оборудования из внешней системы управления техническим обслуживанием легко могут быть связаны с оборудованием и передаваться по запросу аналогично всем остальным данным. Модель также предоставляет базу для создания и настройки различных функций управления производством, таких как расчёт KPI, определение процедур реагирования на события на производстве или формирование предупреждающих сигналов при обнаружении проблем. Любая информация теперь может быть легко связана с объектом и становится доступной в контексте модели;
- аналогично, связи в семантической модели дают возможность приложениям охватить разом информацию из отдельных источников и получить ответы на вопросы, изначально не предусмотренные при создании семантической модели. Рассмотрим пример. Предприятие по производству краски использует

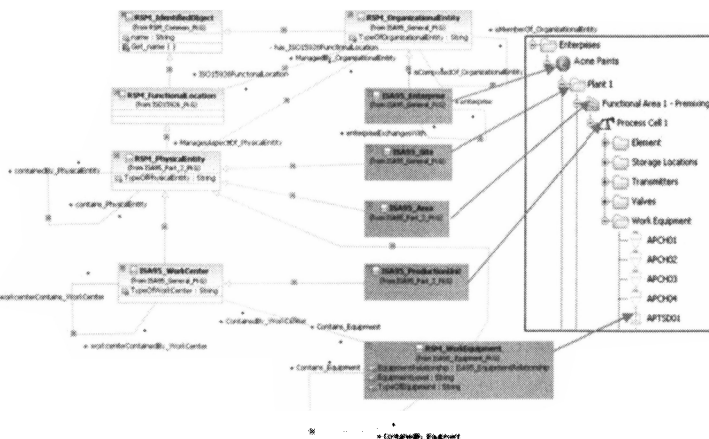


Рис. 5. Модель предприятия на основе отраслевых стандартов

несколько типов электродвигателей от различных производителей. При этом все двигатели могут использоваться для выполнения одних и тех же задач. С помощью связей типа «Двигатель типа А эквивалентен Двигатель типа В» легко можно сформировать отчёт, содержащий данные об эффективности работы двигателей по всему предприятию. В дальнейшем такой отчёт может использоваться для выбора наилучшего поставщика из имеющихся. Также на основе отчёта может быть принято решение о замене одного типа двигателя другим по причине лучшей эффективности последнего. Заметим, что связи не обязательно определять при создании модели. Они могут быть добавлены позже на основе новых знаний и опыта.

Итак, платформа, обеспечивающая расширение возможностей интеграции информационных систем на основе семантических моделей, содержит:

- операционные сущности модели: информация об операционных сущностях модели (ёмкости, насосы и т.д.) и связях между ними, позволяющая обрабатывать запросы, требующие данные, содержащиеся в различных системах. Эта мощная концепция, дающая возможность работать с данными независимо от места происхождения при решении задач аналитики и оптимизации, таких как прогнозирование сбоев, обнаружение аномальных режимов работы, обнаружение и устранение проблема с качеством продукции;
- глобальное пространство имён: определение глобальных правил именования и методов доступа к данным, позволяющие получить доступ к информации, касающейся различных объектов предприятия, включая те, которые именуются и идентифицируются в имеющихся системах управления (SCADA, DCS, OPC-сервера, SAP, Maximo и т.д.). Наличие глобального пространства имён освобождает от необходимости знать особенности именования переменных в разных системах;

- каноническое представление информации: каноническая форма представления информации определяется для того, чтобы иметь возможность работать с информацией со всего предприятия. Например, с ёмкостью, используемой для смешивания краски, могут быть связаны данные о текущей температуре, получаемые от OPC-серверов, а также данные о производственных заданиях, получаемые из систем наподобие SAP или Maximo. Как уже говорилось, для определения канонического представления можно использовать различные стандарты, что даёт возможность описания распространённых элементов модели, таких как оборудование, производственные помещения, персонал и т.д.;
- интерфейс обмена данными с приложениями: наличие глобального интерфейса, поддерживающего операции запроса и изменения данных освобождает приложения от необходимости знать всё о хранении данных в приложениях-источниках (OPC-сервера, SAP или Maximo и т.д.). Напротив, посредством единой модели становится доступной вся информация о работе предприятия. Вдобавок упрощается добавление новых приложений-источников данных, так как их особенности остаются скрытыми за моделью;
- средства согласования изменений во всех SOR и проверки целостности конфигурации всех SOR путём сравнения конфигураций с набором эталонных конфигураций;
- средства расчёта текущих рисков предприятия с использованием процедур HAZOP.

Пример: Управление производственными операциями и бизнес-аналитика

Операционные процессы, имеющиеся на производстве, чётко определяют онтологию, характерные для предметной области. Например, процесс управления техническим обслуживанием связывает вместе данные об оборудовании, причинах ремонтов и многие другие элементы данных. Для сотрудников, занятых техническим обслуживанием, вся эта информация понятна. В результате анализа легко получить описание объектов и связей между ними, однако следует помнить, что такое описание будет использовать специфические термины и понятия, характерные для предметной области.

Помимо взаимодействия со множеством систем, процесс имеет чётко описанную последовательность событий и обращений к разным функциям. В каждой важной точке процесса появляется новая информация, а описание процесса может служить основой для создания онтологий, помогающих понять принципы работы процесса.

После завершения анализа семантики процесса и последовательности событий и действий следует обратить внимание на другие процессы, существующие на предприятии. Они содержат большое количество метаданных, необходимых для определения семантических моделей с учётом особенностей предметной области. После создания описаний таких моделей, пригодных для использования в информационных системах и связи их с приложениями-источниками данных можно получить расширяемую семантическую информационную модель. При рассмотрении каждого нового процесса к модели могут быть добавлены новые термины, объекты и связи между ними.

Дополнительный эффект такого подхода достигается за счёт того, что каждый процесс теперь может получать и обрабатывать информацию в соответствии с собственным контекстом. Зачастую новые онтологии могут быть добавлены к модели на основе результатов работы какого-либо процесса. Кроме того, так как каждый процесс собирает данные в процессе выполнения, становятся доступны исторические данные об изменении тех или иных значений.

В результате комбинирования возможностей двух источников метаданных, а также в результате создания общего механизма запроса данных, полученных из разных систем, в нашем распоряжении оказываются мощные средства, облегчающие подготовку данных для аналитических приложений. Метаданные, полученные в результате анализа имеющихся процессов описывают объекты и связи между ними и могут предоставляться пользователю в наиболее удобной форме для построения запросов с учётом контекста.

Собираем общую картину: пример использования

В следующем примере описана система управления рецептурным производством, построенная на основе моделей. Ряд технологий моделирования используется в системе для облегчения добавления и настройки функций пользователями с различным уровнем знаний и различными требованиями к системе. В данном примере платформа для моделирования получена в результате совместного использования двух техник моделирования.

- Моделирование данных: определяются абстрактные концепции, специфичные для предметной области. Фактически, выполняется создание словарей, использующихся в качестве основы для моделирования данных. Моделирование данных позволяет совместно использовать концепции стандартов наподобие ISA-95 и концепции, специфичные для конкретной отрасли или даже конкретного предприятия.
- Моделирование сервисов: определяются сервисы и функции, использующие содержимое моделей данных для взаимодействия с пользователями и информационными системами. В результате моделирования сервисов получают строгие определения, использующиеся при интеграции с внешними системами.
- Все функции, содержащиеся в модели, напрямую используются для создания функциональных блоков, специфичных для данной предметной области, с помощью специального программного обеспечения. Данное ПО разработано специально для экспертов предметной области и позволяет создавать новые функциональные блоки в графической форме. В итоге модель (см. рис.6) формирует основу системы, предоставляя функциональные блоки разработчикам, создающим новые сервисы, конструкторам, создающим описание процессов, а также сотрудникам, создающим запросы для получения информации о ходе и результатах производственных операций.

Определения модели представлены в виде высокоуровневых функциональных блоков, специфичных для предметной области и доступны, в том числе, конструкторам. Функциональные блоки позволяют неявно учитывать контекст и формируют

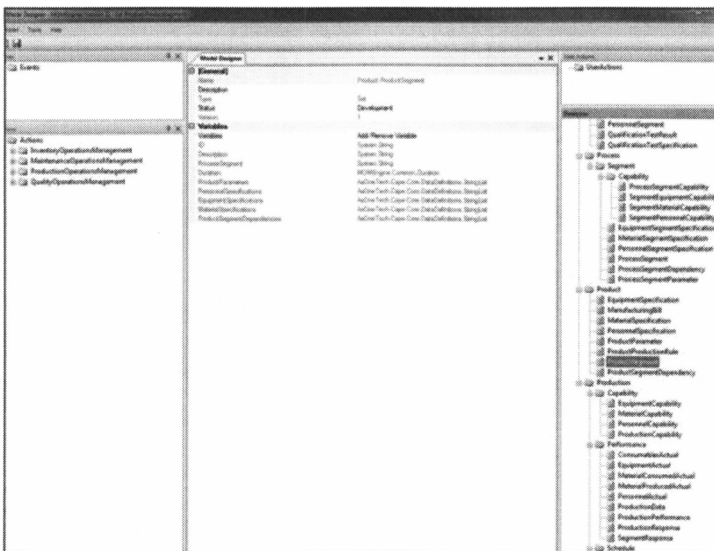


Рис. 6. Инструмент для создания модели в соответствии с ISA-95

основу для создания семантической модели, использующейся для доступа к информации о производственных операциях.

После описания и добавления к системе новых процессов, информационная модель обновляется – в неё добавляется контекст нового процесса и определяются связи нового контекста с ядром модели.

На рис.7 приведено описание простого процесса, выполняемого каждый раз при взятии лабораторной пробы из партии продукции. Выполнение процесса начинается по расписанию (каждый час достигается значение уставки Setpoint 1) или в том случае, если достигается значение уставки Setpoint 2. В соответствии с описанием процесса, система определяет оборудование, использующееся системой управления в настоящий момент. Затем выполняется загрузка спецификаций из системы управления жизненным циклом продукции (PLM) для получения инструкций для следующего этапа, выполняющегося оператором. На следующем шаге формируется инструкция оператору, содержащая сведения из системы управления и системы PLM. В инструкции описывается порядок взятия лабораторной пробы. Поскольку взятие пробы выполняется оператором, выполнение этапа может занять некоторое время. После того, как проба взята, оператор сообщает системе, что проба готова и отправлена в лабораторию. На следующем шаге система формирует сообщение лаборанту о необходимости проверить новую пробу. На последнем шаге данные о результатах исследования заносятся в лабораторную информационную систему (LIMS), при этом записи присваивается идентификатор, генерируемый LIMS. Таким образом, в ходе выполнения процесса производится обмен данными с:

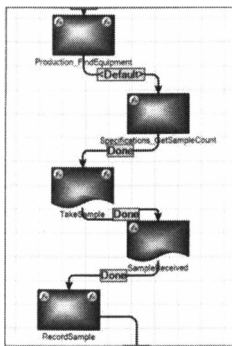


Рис. 7. Процесс взятия лабораторной пробы

- системой управления технологическим процессом;
- ERP/PLM;
- LIMS;
- промышленными контроллерами;
- персоналом.

Такой простой процесс содержит несколько элементов онтологии и очень важные данные об использовании информации. На рис.8 показаны некоторые концепции и связи между ними, полученные из анализа описания процесса. Независимо от места происхождения данных, можно сформировать самые разные запросы к системе, например:

- какое оборудование было использовано при производстве партии?
- кто выполнял отбор пробы?
- как выполнялся отбор пробы?
- какие спецификации были использованы?

Рассмотрим теперь информацию, которая используется и генерируется при выполнении процесса. При каждом запуске процесса на каждом этапе выполняется запись всех данных, подающихся на вход и получаемых на выходе отдельных функций, в том числе временных данных, хранящихся в соответствующих системах. Например, на этапе «Отбор пробы» («Sampling Procedure») с использованием данных, полученных из PLM, генерируется инструкция для оператора. Она не хранится ни в одной из систем, используемых при выполнении процесса. Со временем спецификации, хранящиеся в PLM, могут измениться и мы потеряем возможность повторно сгенерировать инструкцию, представленную оператору при производстве именно этой партии. Однако в том случае, если все данные, сопровождающие выполнения процесса, записывались, пользователи могли бы задать системе следующие вопросы:

- когда планировалось отобрать пробу?
- когда проба была отобрана на самом деле?

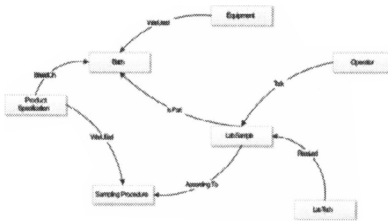


Рис. 8. Онтологии процесса взятия лабораторной пробы

- какие процедуры отбора были использованы в последние полгода работы?
- сколько времени в среднем требовалось оператору для отбора пробы?

На рис.9 показаны данные, полученные в результате выполнения запроса о времени анализа пробы («Lab Testing Time»). Для выполнения запроса система использует и онтологии, и записи о данных, сопровождающих выполнение процесса. При этом применяются концепции и связи, касающиеся двух разных систем (одна описана выше, а другая вступает в работу после завершения лабораторных анализов). При выполнении запроса используются словарные данные, позволяющие выбрать нужные поля сложных внутренних объектов систем и представить значения этих полей в простой и наглядной табличной форме.

В примере, показанном на рис.9, для представления сложных неструктурированных данных пользователям и аналитическим приложениям используется стандарт Open Data Protocol (OData). OData – веб-ориентированный протокол, описывающий процедуры запроса и обновления данных и позволяющий «освободить» данные из обособленных хранилищ имеющихся информационных систем. Освобождение достигается путём использования различных веб-технологий, таких как HTTP, AtomPub и JSON, позволяющих получить доступ к данным из различных приложений, сервисов и хранилищ. Протокол разработан в результате анализа опыта использования AtomPub в различных клиентских и серверных приложениях и в настоящее время поддерживается многими поставщиками программного обеспечения.

После определения сервиса, поддерживающего OData, он может использоваться также, как и любой другой источник данных. Сервис может обрабатывать довольно сложные запросы, в том числе включающие условия с ключевым словом WHERE, инструкции упорядочивания и другие элементы SQL. Поддерживается большое количество клиентов, которым, в том числе, доступна информация, отсутствующая в исходных системах.

В рассмотренном примере показано, как традиционное моделирование с использованием концепций SOA может использоваться совместно с семантическими моделями, полученными в результате анализа бизнес-процессов. Такая комбинация даёт возможность получить доступ к информации, отсутствующей в отдельных системах, участвующих в выполнении бизнес-процесса. Использование информационной модели облегчает взаимодействие пользователя и системы, а также позволяет создать источник данных для аналитических приложений.

Service URI	http://S851cibm:85/OData/						Connect
Query	LabTestingTime						Execute
Data Sources	BatchId	SampleId	PropertyId	Start	Stop		
G25-13739_FinishingCycleTime	5034317	5034317_V42_05	10111	Sep 18 2011 10:2	Sep 18 2011 10:3		
G25-13739_PremioCycleTime	5034361	5034361_V62_09	10111	Sep 23 2011 7:15	Sep 23 2011 7:26		
G25-13739_ReactorCycleTime	5034361	5034361_V62_07	33250	Sep 23 2011 4:00	Sep 23 2011 4:32		
GeneralBatchCycleTime	5034246	5034246_V62_12	16740	Sep 25 2011 8:14	Sep 25 2011 8:16		
LabTestingTime	5034284	5034284_V62_04	10111	Sep 21 2011 9:40	Sep 21 2011 9:43		
P675-13624_FinishingCycleTime	5034364	5034364_V22_14	17120	Sep 21 2011 4:56	Sep 21 2011 5:07		
P675-13624_PremioCycleTime	5034284	5034284_V62_04	03960	Sep 21 2011 9:40	Sep 21 2011 9:43		
PremioExample	5034110	5034110_V62_02	43341	Sep 13 2011 8:41	Sep 13 2011 9:30		
PremioHeatResponseTime	5034236	5034236_V42_01	50313	Sep 23 2011 11:2	Sep 23 2011 11:3		
ReactorHeatResponseTime	5034246	5034246_V62_13	10111	Sep 25 2011 9:31	Sep 25 2011 9:44		
ReactorVacResponseTime	5034242	5034242_V42_07	60560	Sep 25 2011 12:5	Sep 25 2011 12:5		
RecoveredUsedInBatches	5034282	5034282_V62_03	03960	Sep 19 2011 6:20	Sep 19 2011 6:36		
T804-14956_FinishingCycleTime	5034300	5034300_V22_11	93720	Sep 24 2011 6:04	Sep 24 2011 6:14		
T804-14956_PremioCycleTime	5034307	5034307_V62_11	93780	Sep 12 2011 12:0	Sep 12 2011 12:4		
T804-14956_ReactorCycleTime	5034284	5034284_V62_06	33250	Sep 21 2011 2:32	Sep 21 2011 2:50		
TotalBatchYield	5034283	5034283_V62_16	16751	Sep 18 2011 11:5	Sep 18 2011 12:3		
V21 Loadings	5034110	5034110_V62_02	61600	Sep 13 2011 8:41	Sep 13 2011 9:29		
VesselUsageByBatch	5034236	5034236_V42_01	93540	Sep 23 2011 11:2	Sep 23 2011 11:3		
	5034307	5034307_V62_13	94020	Sep 12 2011 6:00	Sep 12 2011 6:40		

Рис. 9. Пример отчёта, построенного с использованием информационной модели

Заключение

В представленном руководстве рассмотрены вопросы использования программного обеспечения, основанного на семантических моделях, при построении и интеграции сложных систем. Рассмотрен ряд широко известных и используемых архитектур, ориентированных на данные, сообщения или сервисы. Дано общее описание семантических моделей, после чего приведён ряд примеров, иллюстрирующих использование семантических моделей для реализации решений, повышающих эффективность бизнеса.

Семантические модели играют важнейшую роль в дальнейшем развитии архитектур информационных систем, позволяющих охватить все данные, касающиеся работы предприятия и получить новую информацию из этих данных. Семантические модели и приложения, основанные на них и использующие концепции таких стандартов как ISO 15926 и ISA-95, позволяют сделать ещё один шаг вперёд. Особенно успешными они станут после того, как подобные стандарты будут широко поддерживаться поставщиками решений (что, несомненно, случится гораздо быстрее под давлением пользовательского сообщества и конкурентов).

Об авторах

Авторы:

- Дэвид Ноллер (Dave Noller) – ведущий ИТ-архитектор, руководитель IBM SWG Mfg. Industry Solutions IBM (804-327-4627, nollerd@us.ibm.com)

- Тим Ханис (Tim Hanis) – ведущий технический специалист, Industry Solutions IBM (919-543-8516, hanistt@us.ibm.com)
- Майкл Фельдман (Michael Feldman) – технический директор, Savigent Software (952-548-5641, michael.feldman@savigent.com)
- Чарльз Гиффорд (Charlie Gifford) – ведущий консультант по производству, 21st Century Manufacturing Solutions LLC (208-788-5434, charlie.gifford@cox.net)

Пишущие редакторы:

- Джеймс Ашер (Jimmy Asher) – менеджер проектов, Savigent Software (952-548-5664, jimmy.asher@savigent.com)
- Уильям Бослер (Bill Bosler, PE) – основатель, Texas Consultants, Inc (+7-967-053-27-54, Skype//LinkedIn: Bill_Bosler, Bill_Bosler@msn.com)

Редакторы:

- Марк Альбано (Marc Albano) – консультант, Honeywell Process Solutions (602-293-1270, mark.albano@honeywell.com)
- Скотт Бог (Scott P. Bogue) – технический редактор, Work2Work (336-375-4247, spbogue@earthlink.net)
- Эйяд Бухулайга (Eyad A. Buhulaiga) – инженер по интеграции, Saudi Aramco (+966 (3) 874-5243, eyad.buhlaiqah@aramco.com)

Термины и сокращения

Таблица I: Термины и сокращения A-L

Термин (аббр.)	Описание
API	Application Programming Interface (интерфейс прикладного программирования)
AtomPub	Atom Publishing Protocol
B2MML	Business to Manufacturing Markup Language (язык разметки для обмена информацией между корпоративными системами и системами управления). XML-схема – спецификация, описывающая структуры данных, хранящихся с использованием XML. Схема B2MML используется вместе с инструментами XML для проверки корректности XML-файла, содержащего данные, описанные в B2MML. Схема может использоваться для проверки корректности данных, используемых ERP, системами управления цепочками поставок, системами управления производством и т.д.
BI	Business Intelligence (бизнес-аналитика) – приложения и технологии для сбора, хранения, анализа и обеспечения доступа к данным.
CAD	Computer Aided Design (системы автоматизированного проектирования, САПР) – специализированное программное обеспечение для создания конструкторской документации, в том числе спецификаций, чертежей и т.д.
DOT	Department of Transportation, департамент транспорта
EDI	Electronic Data Interchange, формат обмена данными в электронном виде
ERP	Enterprise Resource Planning (система планирования ресурсов предприятия) - система планирования и управления производством, заказами клиентов, счетами, закупками, складами, перевозками, человеческими ресурсами. Для управления использованием и координации всех ресурсов используется общая для всего предприятия программная система, например, SAP R/3.

Таблица 1: Термины и сокращения A-L

Термин (аббр.)	Описание
HAZOP	HAZard and Operability study (анализ эксплуатационных характеристик и опасных факторов) – структурированное и систематическое исследование существующих или разрабатываемых процессов с целью идентифицировать и оценить проблемы, потенциально представляющие опасность для персонала или оборудования или могущие отрицательно повлиять на эффективность работы предприятия. Первоначально методика HAZOP была разработана для химической промышленности, однако в дальнейшем методика была адаптирована для использования в других отраслях, а также при разработке программного обеспечения. Процедуры HAZOP состоят в качественном (нечисловом) анализе и проводится разносторонними командами специалистов в течение нескольких совещаний.
HTTP	Hypertext Transfer Protocol – протокол передачи данных в текстовом виде, прежде всего гипертекстовых документов.
IM	Information Model – информационная модель
IO	Input/Output (ввод-вывод)
IOA	Information Oriented Architecture – информационно-ориентированная архитектура
IOM	Inventory Operations Management – управление складскими операциями
ISA-95	Международный стандарт, разработанный Международной ассоциацией автоматизации (ISA). В стандарте рассмотрены вопросы интеграции производственной и коммерческой информации, так что ISA-95 – международный стандарт интеграции систем управления и корпоративных информационных систем. Стандарт используется также для определения информации, которой будут обмениваться финансовые и логистические системы, а также системы управления производством, техническим обслуживанием, складом и системы контроля качества. См. также «Управление производственными операциями» (Manufacturing Operations Management).
JSON	JavaScript Object Notation – объектная нотация JavaScript. Открытый стандарт обмена текстовыми данными, пригодными для чтения людьми. JSON основан на языке JavaScript и может использоваться для описания простых структур данных, называемых объектами. Несмотря на тесную связь с JavaScript не зависим от языка программирования – парсеры имеются для многих языков.
LIMS	Laboratory Information Management System – система управления лабораторными данными.

Таблица 2: Термины и сокращения M-S

Термин (аббр.)	Описание
Maintenance Operations Management (MnOM)	Управление техническим обслуживанием. Определяется как набор действий по координации, управлению и отслеживанию выполнения функций технического обслуживания оборудования, инструмента и т.д. для обеспечения доступности для производства и выполнения реактивного, периодического, превентивного или упреждающего обслуживания.
Manufacturing Operations Management (MOM)	Управление производственными операциями. В настоящем руководстве данное понятие используется в качестве основы для разработки стандартного интерфейса между ERP и MES. С помощью концепций MOM эти системы разбиваются на глобальные, стратегические, тактические и атомарные функции. Полученная функциональная модель используется в качестве основы при выделении сервисов.
MDM	Master Data Management – система управления нормативно-справочной информацией (НСИ).
MES	Manufacturing Execution/Enterprise System – система оперативного управления производством/корпоративная система управления производством.
MnOM	Maintenance Operations Management – управление техническим обслуживанием.

Таблица 2: Термины и сокращения M-S

Термин (аббр.)	Описание
MOA	Message-Oriented Architecture – архитектура на основе сообщений (архитектура, ориентированная на сообщения).
MOM	Manufacturing Operations Management – управление производственными операциями.
MQ	Message Queue – очередь сообщений.
MSMQ	Microsoft Message Queuing, реализация очереди сообщений от Microsoft. Служба очередей сообщений работает под управлением Windows со времён Windows NT и Windows 95. Последние версии Windows (например, Windows 7) также включают этот компонент.
O & M	Operations and Maintenance – операции и обслуживание
OAGIS	Open Application Group Integration Specification – открытая спецификация обмена данными
OData	Open Data Protocol – открытый протокол данных. Предназначен для предоставления сложных неструктурированных данных пользователям и аналитическим приложениям. OData – веб-протокол, для запроса и изменения данных. Протокол предоставляет средства обеспечения независимости от места происхождения и первоначального хранения данных.
OI	Operation Intelligence – операционная аналитика
OWL	Web Ontology Language – язык описания онтологий для семантических сетей
PLCs	Programmable Logic Controller(s) – программируемый логический контроллер (контроллеры)
PLM	Product Lifecycle Management – управление жизненным циклом изделия. Процесс управления всем жизненным циклом продукции начиная с концепции и проектирования и заканчивая выводом из эксплуатации.
POM	Production Operations Management – управление операциями выпуска продукции.
QMS	Quality Management System – система управления качеством.
QOM	Quality Test Operations Management – управление проверками качества.
RDB	Relational Database – реляционная база данных.
RDF	Resource Definition Framework – среда описания ресурсов.
RDFS	RDF Scheme – схема RDF.
RFC	Remote Function Calls – удалённый вызов функций.
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition – система диспетчерского управления и сбора данных.

Таблица 3: Термины и сокращения S-W

Термин (аббр.)	Описание
Semantic Computing	Из Википедии (англоязычной): семантические вычисления (Semantic Computing) – раздел информатики, объединяющий элементы семантического анализа, обработки естественного языка, интеллектуального анализа данных (Data Mining) и связанных с ними областей. Семантические вычисления используются для решения трёх основных проблем. Во-первых, это понимание намерений пользователя (по возможности, описанных с помощью естественного языка) и представление их в виде, удобном для машинной обработки. Во-вторых, понимание смысла обрабатываемых данных разных видов (текст, видео, аудио, описание процессов, сетей и оборудования и т.д.) и представление информации о смысле в виде, удобном для машинной обработки. В-третьих, использование информации о смысле данных при запросе и редактировании данных.

Таблица 3: Термины и сокращения S-W

Термин (аббр.)	Описание
Semantic Data Modeling	<p>Из Википедии (англоязычной): понятие семантической модели данных используется в разработке программного обеспечения в различных значениях. Первое значение – концептуальная модель данных, в которую добавлена семантическая информация. Такая модель содержит сведения о смысле данных, хранящихся в соответствующей базе. Фактически, модель описывает связь между данными, хранящимися в базе, и реальным миром. Второе значение – концептуальная модель данных, содержащая средства представления информации, расширяющей хранимые данные и описывающей семантику (смысл) данных без необходимости метамодели. Такие модели данных ориентированы на факты (в противовес моделям, ориентированным на объекты).</p> <p>Для описания связей обычно используются бинарные отношения между объектами, отношения более высокого порядка представляются в виде совокупности бинарных отношений. Бинарные отношения описываются в виде триплетов «объект – тип отношения – объект». Например «Эйфелева башня <находится в> Париж». Зачастую данные, хранимые в базе, содержат сведения о связях между элементами, таких как «находится в». Для извлечения связей нужна информация о смысле каждой связи (типе связи). Таким образом, семантические модели стандартизуют типы связей. С помощью связей модели второго типа могут описывать дополнительные смыслы. Обычно модели второго типа используются при создании семантических баз данных. Приложения, работающие с такой базой, могут извлекать информацию о смысле непосредственно из данных. Семантические базы данных могут интегрироваться при условии использования одинаковых (стандартных) типов связей. Из этого, в том числе, следует, что такие базы имеют более широкую область применения по сравнению с реляционными и объектно-ориентированными базами.</p>
Service	Сервис – модуль, выполняющий определённую функцию, полезную для других модулей или приложений. Другие приложения могут обращаться к сервису посредством чётко определённого интерфейса. Сервисы могут использоваться как внутри, так и вне компании. Применение сервисов позволяет избежать дублирования функций корпоративных приложений.
Service Implementation	Реализация сервиса – ресурс, предоставляющий функциональность данного сервиса.
Service-oriented Architecture	Сервис-ориентированная архитектура. Подход к построению архитектуры, при котором корпоративное приложение получается путём объединения множества сервисов, каждый из которых реализует собственную функцию. Сервисы можно объединять для решения различных задач. Компании могут обмениваться сервисами так же, как они обмениваются информацией. SOA поощряет интеграцию и распространение сервисов и описывает средства, необходимые для этого.
SKU	Stock Keeping Unit – единица учёта запасов.
SOA	Service Oriented Architecture – сервис-ориентированная архитектура.
SOR	System of Record – источник данных. Информационная система, являющаяся достоверным источником тех или иных данных.
SPARQL	SQL Protocol and RDF Query Language – язык запросов на основе RDF и протокол передачи данных.
Strategic Function	Стратегические функции – набор методологий, определяющих направления получения добавленной стоимости в процессе деятельности предприятия.
Tactical Function	Тактические функции – набор техник, позволяющих получать добавленную стоимость в областях, определённых стратегическими функциями.
TIBCO	TIBCO Software Inc. (NASDAQ: TIBX) – поставщик инфраструктурного программного обеспечения, используемого как отдельно, так и в составе «облачных» сервисов.
UML	Unified Modeling Language – унифицированный язык моделирования (графический язык для описания программных систем).
W3C	World Wide Web Consortium – Консорциум всемирной паутины.
WMS	Warehouse Management System – система управления складом

Перевод на русский язык: А.П. Козлецов, Российский MES-центр
e-mail: A.Kozletsov@mescenter.ru
Русский перевод © Российский MES-центр, 2013

Выбор и внедрении MES-системы

В статье рассматриваются основные характеристики MES-систем, на которые следует обратить внимание при выборе системы из всего многообразия решений, имеющегося на рынке

Введение	75	Создание общего информационного пространства	77
Что даёт использование MES-системы	75	Автоматизация планирования производства	78
Обеспечение прозрачности производства	75	Сбор данных	80
Учёт продукции и ресурсов	76	Заключение	86

Введение

Представители российских предприятий проявляют к MES-системам всё больший интерес. Подтверждением тому может служить хотя бы растущая с каждым годом аудитория конференции "Эффективные технологии управления производством". При этом не всегда имеется чёткое понимание того, что именно использование MES может дать конкретному предприятию. В настоящей статье мы хотели бы кратко описать некоторые преимущества автоматизации функций оперативного управления производством. Считаем, что знание таких преимуществ позволит более тщательно подойти к определению требований к системе и её выбору.

Важнейшим условием успешной работы MES-системы является наличие актуальных данных о ходе технологического процесса. Для того, чтобы получить эти данные, необходимо решить вопрос организации связи с производственным оборудованием. Учитывая важность этой задачи, во второй части статьи решено было рассказать о наиболее часто используемых технологиях сбора данных о производственном процессе. Надеемся, что знакомство с этими технологиями пригодится как в процессе внедрения, так и при выборе MES-системы для такого внедрения.

Что даёт использование MES-системы

Обеспечение прозрачности производства

Для сотрудников, не присутствующих непосредственно в цехах, производство может казаться неким «черным ящиком», на вход которого поступает сырьё, а на выходе получается готовая продукция. И если, например, для сотрудников бухгалтерии такая ситуация не представляет трагедии, руководителям производства, сотрудникам отделов главного технолога и главного энергетика и многим другим сотрудникам она не даёт принимать оперативные и точные решения по изменению технологических процессов, выводу оборудования в ремонт, назначению дополнительных операторов на выполнение производственного задания. Для того, чтобы

сделать производство «прозрачным» для всех заинтересованных сотрудников, необходимо организовать сбор данных о ходе производственного процесса в реальном времени. При этом необходимо обеспечить сбор и хранение следующих данных:

- количество и длительность циклов производственной машины;
- состояние машины (поломка, наладка, производство и т.д.);
- важнейшие технологические параметры (температура, давление и т.д.).

Об инструментах сбора данных о ходе производства будет рассказано далее. После их успешного применения пользователи системы получают в своё распоряжение постоянно обновляющееся хранилище данных о производстве. Помимо прочего, собранные данные могут использоваться для решения следующих задач:

- отображение состояния производства в реальном времени на мнемосхемах. Традиционно мнемосхемы доступны на рабочих местах специалистов и руководителей, однако в настоящее время существуют решения, позволяющие демонстрировать мнемосхемы с важнейшими параметрами на больших экранах, установленных непосредственно в производственных цехах. В последнем случае любой сотрудник производства видит, что происходит во всём цеху. Так наладчик, увидев сигнализацию о неисправности машины на мнемосхеме сможет приступить к ремонту немедленно, а не после того, как оператор найдёт его и сообщит об этом;
- автоматический мониторинг производства. Современные системы оперативного управления производством позволяют задать условия срабатывания сигнализации. Например, подсистема сигнализации может быть настроена таким образом, чтобы отправлять сообщения наладчикам и руководству цеха в случае поломки или просто любой незапланированной остановки критически важного для производительности цеха оборудования («узкого места»);
- автоматическое формирование сменных отчётов и расчёт показателей эффективности производства (OEE и прочих).

Учёт продукции и ресурсов

В настоящее время на большинстве предприятий учёт продукции выполняется вручную, для чего оператор после завершения производства изделия заполняет бумажные формы, указывая количество выпущенных годных и бракованных изделий. В конце смены эти формы собираются и информация из них вносится в систему учёта вручную. Такой процесс зачастую приводит к получению недостоверных данных за счёт ошибок или умышленного искажения информации. Например, оператору ничто не мешает скрыть факт получения большого количества бракованных изделий.

Для того, чтобы MES-систему можно было использовать для автоматизации учёта, необходимо при выборе системы обратить внимание на возможность автоматического подсчёта продукции на основании данных, собираемых с оборудования, а также на наличие интерфейсов для связи с системами управления верхнего уровня. Для учёта продукции, как правило, используются сигналы о начале или конце производственного цикла. Автоматизировать учёт брака сложнее, так как для автоматического контроля качества изделия требуются дополнительные устройства,

в большинстве своём весьма дорогостоящие. Поэтому ввод числа бракованных изделий можно оставить ручным. Правда, в отличие от описанного выше процесса с использованием бумажных форм, информация о браке вводится непосредственно в MES-систему, а оператору уже не удастся скрыть брак, так как общее число изделий известно и определяется автоматически. Полученные данные автоматически передаются в систему учёта, что, во-первых, делает ненужной работу по ручному вводу данных в систему учёта, а во-вторых повышает достоверность данных за счёт отсутствия ошибок при вводе данных.

Следовательно, наиболее полный эффект от внедрения MES будет достигнут в том случае, если система поддерживает следующие функции:

- автоматический подсчёт циклов производственной машины и пересчёт количества циклов в количество изделий;
- ввод данных в систему непосредственно на рабочем месте (поддержка производственных терминалов);
- интерфейс с системами управления верхнего уровня, в первую очередь с ERP-системами. При этом крайне желательно, чтобы имелась как поддержка распределённых систем (1C:УПП, Microsoft Dynamics NAV/AX, SAP R/3 и т.д.), так и возможность добавления драйверов для связи с менее известными системами.

Помимо решения задачи учёта, подсчёт количества выпущенных изделий позволяет обеспечить постоянную видимость производственного заказа – в любой момент времени можно получить информацию о месте выполнения заказа и проценте завершения, а также определить предположительное время завершения производства.

Стоит отметить, что подсчёт количества циклов оборудования позволяет также решить задачу учёта наработки оборудования и оснастки. Информация о реальной наработке крайне важна при планировании технического обслуживания.

С учётом выпущенной продукции тесно связана задача учёта ресурсов, затраченных на производство. Что касается сырья, то в зависимости от «способностей» производственных машин можно организовать как нормативный учёт (умножив расход материала на одно изделие на количество выпущенных изделий), так и точный учёт, однако в последнем случае система управления производственной машиной должна «знать» сколько материала было затрачено на выпуск каждого изделия. Аналогично, при наличии счётчиков электроэнергии и других энергоресурсов возможно вести подсчёт энергозатрат на производство каждого изделия.

Создание общего информационного пространства

Одна из проблем, с которой приходится сталкиваться на производстве, связана с отсутствием единой базы данных, необходимых для подготовки производства. К таким данным относятся спецификации изделий и технологических процессов, паспортные данные оборудования и оснастки, управляющие программы для станков с ЧПУ, чертежи и т.д. Очень немногие предприятия могут похвастаться наличием единой точки доступа ко всем этим данным, гораздо типичнее ситуация, когда указанные данные хранятся в разных системах или вообще в виде отдельных фактов,

а часть и вовсе существует только на бумажных носителях. В результате нельзя быть уверенным, что на производстве будет использоваться именно актуальная версия технической документации, а поиск нужной управляющей программы может сильно затянуться (и это только небольшая часть возможных неприятностей).

Единое хранилище спецификаций, чертежей и т.д. может быть создано как на основе MES, так и на основе других систем (PDM/PLM, ERP, ...) и передаваться в MES оттуда. В любом случае, об этой задаче нужно помнить, и при выборе MES обратить внимание на наличие возможности ведения подобной базы данных либо возможности взаимодействия со сторонними системами.

Говоря о производственной документации не стоит забывать и о технологических программах, используемых в производстве. Зачастую всё то, что было сказано о технической документации справедливо и для них – модификация программ производится беспорядочно, общее хранилище программ отсутствует, история изменения программ не ведётся. Поэтому перед началом производства много времени приходится тратить на поиск правильной версии программы – или же просто переписывать её заново. Для решения этой проблемы во многих MES-системах имеется поддержка средств хранения, контроля версия и передачи технологических программ на оборудование. На наличие таких средств при выборе MES-системы следует обратить особое внимание обладателям обрабатывающих центров и станков с ЧПУ – при использовании такого оборудования централизованное хранилище программ наиболее актуально.

Автоматизация планирования производства

Планирование производства считается многими главной функцией MES, однако даже из вышеизложенного видно, что помимо планирования MES-системы могут помочь в решении многих важных задач. Тем не менее, детальному планированию производства стоит уделить серьёзное внимание при выборе MES-системы. В первую очередь нужно решить, будет ли задача планирования решаться средствами MES либо средствами внешнего планировщика или ERP-системы. В последнем случае необходимо, чтобы MES-система поддерживала передачу всех необходимых для работы планировщика данных.

Отметим, что в процессе выбора следует особенно внимательно проверить, насколько выбранная система планирования соответствует имеющимся производственным процессам. Например, в случае частых переналадок необходимо, чтобы при планировании учитывалось как время выполнения производственной операции, так и время переналадки оборудования, так как в противном случае можно получить расписание, оптимальное с точки зрения системы, но убийственное для производства из-за постоянных переналадок.

В общем случае на вход системы планирования должны подаваться следующие исходные данные:

- клиентские заказы: информация о типе, количестве изделий и сроках производства;
- технологические операции, которые необходимо выполнить в ходе производства изделия;
- ресурсы (материалы, оборудование, оснастка, персонал), необходимые для производства;

- фактическая доступность и состояние ресурсов (достаточно ли материалов, свободно ли оборудование, не планируется ли техническое обслуживание и т.д.);
- дополнительные ограничения, связанные с особенностями технологического процесса и оборудования. Например, если на экструзионной линии необходимо произвести продукцию трёх цветов – белого, серого и чёрного, система должна запланировать производство именно в таком порядке, так как в противном случае (если будет производиться сначала продукция белого, потом чёрного, а затем серого цвета количество брака значительно возрастёт).

Поступление данных о фактической доступности ресурсов обеспечивается, в основном, двумя модулями: модулем сбора и хранения данных и модулем управления техническим обслуживанием. Стоит отметить, что работа этих модулей также сильно связана между собой. Модуль сбора и хранения данных отвечает за связь с производственным оборудованием, получение данных о работе оборудования, анализ полученных данных и их долговременное хранение. С точки зрения планирования производства важнее всего знать текущее состояние машины (не сломалась ли) и текущее среднее время производственного цикла. Последний параметр используется для того, чтобы оценить, насколько реальная производительность машины отличается от номинальной.

Модуль сбора и хранения данных позволяет также вести учёт наработки оборудования и оснастки – счётчик наработки автоматически увеличивается с каждым производственным циклом машины. Данные о наработке используются модулем управления техническим обслуживанием. Нужно сказать, что модуль управления техническим обслуживанием в современных MES не в коей мере не составляет конкуренцию полноценным системам ТОиР. Как правило, модуль управления техническим обслуживанием позволяет сообщить заинтересованным пользователям о приближении времени очередного обслуживания, а также не допустить назначение производственного задания на оборудование, не прошедшее техническое обслуживание. Однако даже эти функции позволяют, с одной стороны, значительно упорядочить процессы технического обслуживания на производстве, а с другой стороны – проинформировать модуль планирования о недоступности части производственных машин вследствие запланированного планово-предупредительного ремонта.

Данные о количестве материалов, как правило, не хранятся в самой MES, а поступают из ERP или отдельной системой управления складом. Современные MES в большинстве своём являются открытыми и содержат средства для связи с наиболее распространёнными ERP, WMS, LIMS, АСУТП и другими системами, встречающимися на производственных предприятиях. Такие возможности позволяют не дублировать информацию в разных системах, а создать единое информационное пространство производственного предприятия, когда все данные, необходимые для управления производством, становятся доступными всем системам. Аналогично данным о количестве материала, из ERP поступают данные о клиентских заказах.

Самой сложной задачей является задание дополнительных ограничений – ограничений на очередность выпуска изделий из различных материалов, с использованием различной оснастки и т.д. Именно здесь особенно сильно проявляется специфика не только типа производства, но и конкретной области. Например, в металлообработке важно минимизировать число смен инструмента, в то время как

	Материал 1	Материал 2	Материал 3
Материал 1	0	200	100
Материал 2	100	0	200
Материал 3	150	100	0

Рис. 1. Задание сложности переналадок

в экструзионном производстве и литье пластмасс под давлением нужно не только максимально снизить число смен пресс-форм, но и учесть, например, цвет материала и необходимость очистки машины от остатков материалов с предыдущей операции. Как правило, ограничения задаются в виде матриц совместимости. На рис. 1 приведён пример такой матрицы для различных материалов. На пересечении строк и столбцов находятся веса перехода – чем больше такой вес, тем менее желательно последовательное использование двух материалов. Обратите внимание, что матрица несимметрична – это значит, что переход между материалами может оказаться легче или труднее в зависимости от того, какой материал обрабатывается первым.

Сбор данных

Как видно из предыдущих разделов статьи, сбор и хранение данных о ходе производства – одна из важнейших функций MES. С организации сбора и хранения данных начинается внедрение большинства MES-систем, ведь без актуальных данных о текущем состоянии оборудования, проценте выполнения производственных заказов, операторах, выполняющих эти заказы и т.д. MES-система слепа.

Конечно, можно обязать сотрудников производства вводить данные вручную, но такой подход чреват, во-первых, ошибками во введённых данных, а во-вторых – потерей актуальности введённых данных. Так как ввод данных не является для, например, оператора, первоочередной задачей (платят-то деньги ему за выпущенную продукцию) перед ним встаёт непреодолимый соблазн вводить данные «с потолка». Поэтому при внедрении MES-систем практически всегда стараются максимально автоматизировать сбор данных, оставляя ручной ввод только на тех участках, где обойтись без него невозможно.

Рассмотрим основные технологии и подходы, применяемые при организации сбора данных о работе оборудования:

- использование стандартных отраслевых протоколов (EUROMAP63);
- применение закрытых протоколов производителей оборудования;
- непосредственное подключение к системе управления оборудованием с использованием технологии OPC (как правило, OPC DA);
- сбор данных с помощью стандартных сетевых протоколов, в первую очередь MODBUS ASCII/RTU/TCP;
- сбор данных с интерфейсных портов, предназначенных для подключения к производственной машине принтера или другого периферийного оборудования;
- сбор сигналов датчиков, установленных на машине либо дооснащение машины новыми датчиками для контроля её состояния.

Самым удачным примером отраслевого протокола передачи данных служит EUROMAP 63 (<http://www.euromap.org/files/eu63.pdf>) - протокол взаимодействия с термопластавтоматами (ТПА), разработанный ассоциацией европейских производителей. В открытой спецификации протокола описана структура текстовых записей, содержащих запросы, передаваемые от MES системе управления ТПА, а также ответы на эти запросы. Такие записи помещаются в текстовые файлы, передаваемые между системой управления ТПА и MES (или другой системой сбора данных). EUROMAP 63 позволяет не только следить за значениями основных параметров работы машины, но и загружать стандартные параметры работы машины (рецепты), получать информацию об изменениях, внесённых в настройки машины, контролировать текущее состояние машины (автоматический, полуавтоматический или ручной режим, наладка, поломка и т.д.).

Спецификация EUROMAP 63 открыта и доступна всем желающим на сайте организации. Открытость спецификации, вкупе с относительной простотой реализации обмена (с точки зрения приложений процесс обмена данными выглядит как чтение и запись текстовых файлов, находящихся в общей папке) привела к тому, что в настоящее время большинство крупных производителей ТПА (Krauss-Maffei, Demag, Battenfeld и др.) оснащают свои машины коммуникационными процессорами для поддержки EUROMAP 63 или, по крайней мере, предлагают такие процессоры в качестве опций. Но, к сожалению, касается это только относительно современных ТПА. Дооснащение устаревших машин аппаратными средствами поддержки EUROMAP 63 либо вовсе невозможно, либо требует значительных финансовых затрат.

EUROMAP 63 используется только производителями машин по переработке пластика, в первую очередь производителями термопластавтоматов. Производители оборудования для других отраслей, например, для металлообработки, пока ещё мало используют протоколы и технологии, аналогичные EUROMAP 63 по простоте, открытости и функциональности. Правда, стоит отметить что ситуация постепенно меняется. Например, совместными усилиями ассоциаций ISA и OMAC разработан стандарт PackML (Packaging Machine Language, язык взаимодействия упаковочных машин) (<http://www.omac.org/content/packml>). PackML основан на концепциях семейства стандартов ISA-88 и позволяет решать задачи, сходные с задачами EUROMAP 63, но в приложении к упаковочным линиям. PackML пока не получил такого распространения как EUROMAP 63, но характеристики стандарта позволяют предположить его большое будущее. Разработчики стандарта считают, что он сможет найти применение и для других операций в дискретном производстве.

Наряду с открытыми протоколами для сбора данных могут использоваться и собственные протоколы производителей оборудования, предоставляющие аналогичные возможности. Однако «закрытость» таких протоколов приводит к тому, что для сбора данных удаётся использовать только программное обеспечение, разработанное самими машиностроителями, либо немногими приближёнными к ним сторонними компаниями. Данное обстоятельство серьёзно ограничивает применение подобных протоколов для организации сбора данных в MES.

Технология OPC получила очень широкое распространение в сфере автоматизации технологических процессов. Большинство более-менее крупных производителей средств промышленной автоматизации (в первую очередь, программируемых логических контроллеров, ПЛК) выпускают OPC-сервера (программное обеспече-

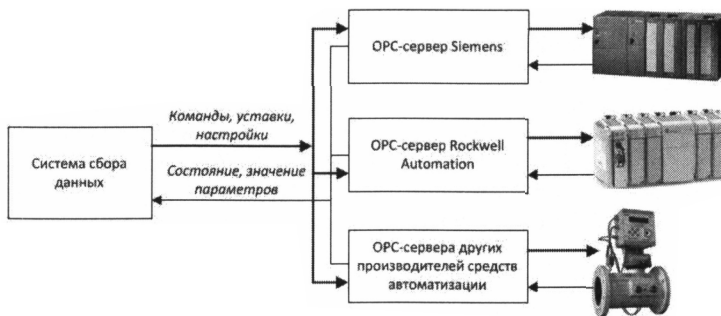


Рис. 2. Обмен информацией с использованием OPC

ние для взаимодействия системы управления со сторонними программными системами) для своих устройств. Это делает возможным разработку универсального программного обеспечения, не привязанного к конкретным моделям и производителям средств автоматизации. По такому же пути идут разработчики SCADA-систем, многие из которых достаточно давно отказались от разработки и использования драйверов для связи с ПЛК, а пользуются стандартными OPC-серверами.

Итак, главные преимущества OPC состоят в универсальности и возможности организации взаимодействия с самыми разными системами управления. К недостаткам подхода на основе OPC можно отнести:

- необходимость иметь доступ к описанию областей памяти ПЛК, т.к. OPC само по себе не сообщает о назначении той или иной области памяти, а лишь может предоставить её текущее значение;
- трудность организации сетевого взаимодействия в том случае, когда OPC-сервер и OPC-клиент (в нашем случае – MES-система) находятся на различных компьютерах. При межмашинном взаимодействии в OPC используется технология DCOM, для правильной настройки передачи может потребоваться изменение политик безопасности, принятых в сети (например, открытие некоторых портов сетевого экрана) и выполнение других настроек, не всегда тривиальных. Данная проблема решается при помощи дополнительного программного обеспечения – систем OPC-туннелирования (например, Matrikon OPC Tunneller или Cogent OPC DataHub), обеспечивающих трансляцию запросов DCOM в TCP-пакеты. Однако подобное программное обеспечение, как правило, стоит довольно дорого. Кроме того, возможно использование новых версий спецификации OPC, в первую очередь OPC UA (Unified Architecture). Разработчики данной спецификации отказались от ведущей роли технологий COM/DCOM, что потенциально позволяет упростить межмашинное взаимодействие. Правда, программное обеспечение, поддерживающее OPC UA пока ещё не так распространено, как программное обеспечение на основе спецификации OPC DA;
- необходимость приобретения OPC-сервера в том случае, если он изначально не был поставлен вместе с оборудованием. Некоторые производители (напри-

мер, компания «ОВЕН») распространяют OPC-сервера для своих устройств бесплатно, однако в большинстве случаев за приобретение OPC-сервера нужно платить отдельно. Некоторой экономии можно достичь, приобретая универсальные OPC-сервера, поддерживающие большое количество средств автоматизации. К таким продуктам относится, например, KEPWare Manufacturing Suite.

Сходные с OPC возможности сбора данных можно получить при использовании для организации взаимодействий протоколов семейства MODBUS как на основе RS-485 (MODBUS RTU/ASCII), так и на основе Ethernet (MODBUS TCP). О данных протоколах упомянуто отдельно, т.к. они имеют сравнительно небольшую сложность и могут быть реализованы в составе программного обеспечения сбора данных. Другие промышленные сети, такие как PROFIBUS DP, PROFINET, DF1 и т.д. требуют, во-первых специального аппаратного обеспечения, а во-вторых – специализированного программного обеспечения для организации связи (в первую очередь – специализированных OPC-серверов). Возможность и целесообразность самостоятельной реализации программного обеспечения для поддержки таких сетей представляются весьма сомнительными. С другой стороны, спецификации протокола MODBUS свободно доступны всем желающим (www.modbus.org/specs.php), реализация протоколов не представляет большой сложности (если не требуется разработки универсального драйвера, а устройство известно заранее, можно обойтись реализацией одной-двух команд). Также как OPC, MODBUS позволяет считывать и устанавливать значения ячеек памяти контроллера (регистров в терминах MODBUS).

Основной недостаток MODBUS состоит в том, что далеко не все широко распространённые ПЛК его поддерживают без покупки дополнительных модулей. Как правило, «из коробки» MODBUS поддерживают контроллеры нижнего ценового и функционального диапазона, такие как ОВЕН ПЛК 100/150, Simatic S7-1200 и т.д. Для подключения по MODBUS к более производительным контроллерам, например к Simatic S7-300/S7-400 требуется дополнительное программное и аппаратное обеспечение. Однако поддержка MODBUS дешёвыми ПЛК позволяет строить на их основе экономичные решения по сбору данных непосредственно с датчиков.

Отдельно следует рассмотреть задачу организации сбора данных о работе оборудования с ЧПУ. Современные устройства числового программного управления в большинстве случаев имеют в составе как непосредственно контроллер ЧПУ, так и программируемый логический контроллер, решающий как задачи управления дополнительным оборудованием (устройства захвата, насосы, вентиляторы и пр.), так и задачи обеспечения безопасности работы и контроля состояния станка.

Следовательно, при организации сбора данных о работе станка или обрабатывающего центра можно воспользоваться, как минимум, двумя подходами. При первом подходе УЧПУ рассматривается как разновидность программируемого логического контроллера соответствующего производителя, поэтому для передачи данных в систему верхнего уровня используются стандартные интерфейсы (например, PROFIBUS DP или MPI), а также OPC-сервера соответствующих производителей. Такой способ связан с необходимостью анализа управляющей программы ПЛК областей памяти и сигналов, связанных с работой контроллера ЧПУ. В большинстве случаев такие области и сигналы стандартизированы и описаны в документации

УЧПУ, однако поработать с программой придётся всё равно. Кроме того, большинство производителей оборудования достаточно негативно смотрят на вмешательство в работу программы и всячески этому препятствуют (например, программа ПЛК может быть защищена от скачивания и модификации паролем).

Сходным образом задача получения данных о работе станка с ЧПУ может быть решена при использовании в качестве пульта управления станком промышленного компьютера под управлением Microsoft Windows. В этом случае можно воспользоваться OPC-сервером, который штатно или в качестве опции устанавливают производители оборудования. Но, конечно, предварительно следует убедиться в его наличии.

Можно же и вовсе не трогать ПЛК-часть УЧПУ, а попытаться использовать средства сбора данных, специально предназначенные для ЧПУ (MDC-системы, от Machine Data Collection). Как показывает опыт и анализа технических материалов компаний-производителей, большинство УЧПУ позволяет использовать один из следующих протоколов или их вариантов:

- Mazatrol;
- Heidenhain;
- LSV2 (DIN 66019).

Эти протоколы предназначены как для сбора информации о состоянии машины, так и для загрузки/выгрузки управляющих программ. Если их применение выглядит более оправдано, чем применение ранее описанных подходов (например, в том случае, когда необходимо иметь объективные данные о том, какая программа выполнялась на станке в интересующий период времени), то следует обратить внимание на поддержку перечисленных протоколов MES-системой. Если же выбранная MES похвастаться такой поддержкой не может, то можно обратиться либо к использованию средств сбора данных, разработанных производителем УЧПУ, либо к одной из универсальных MDC-систем (например, Predator или MDC-max). Но при этом нужно помнить, что дополнительно придётся решать задачу передачи данных из такой системы в MES.

Ещё один способ получить данные о работе станка с ЧПУ - использование стандартов, разрабатываемых ассоциацией MTConnect (www.mtconnect.org). MTConnect ставит своей целью разработку стандартных интерфейсов информационного обмена с ЧПУ - чего-то подобного EUROMAP63. Нельзя сказать, что к настоящему моменту эти стандарты нашли широкую поддержку среди производителей контроллеров ЧПУ, однако вполне возможно, что через несколько лет ситуация изменится.

Однако даже применение OPC или MODBUS требуют наличия достаточно современной системы управления оборудованием, к тому же открытой для взаимодействия со внешними системами. В то же время на российских (и не только на российских) в большом количестве используются производственные машины, подключиться к которым с помощью цифровых интерфейсов нельзя либо по причине закрытости системы управления (особенно часто встречается среди систем управления, разработанных производителем машины самостоятельно), либо из-за её солидного возраста. Но даже такое оборудование может служить источником данных для MES.

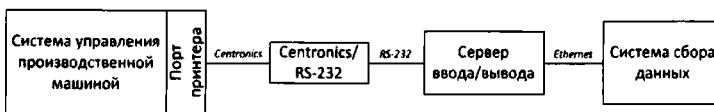


Рис. 3. Сбор данных с порта принтера

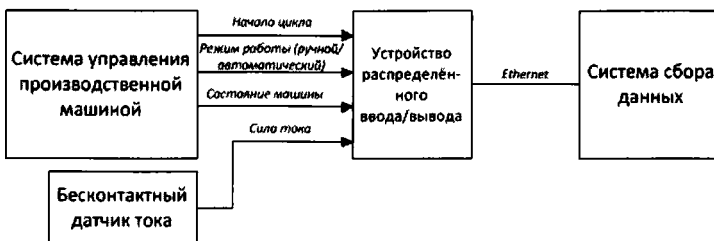


Рис. 4. Сбор данных с датчиков системы управления

Многие станки оснащены портом для подключения принтера (как правило, LPT-портом), но в реальности принтер подключен к станку довольно редко. Поэтому одним из решений задачи получения информации о работе машины может быть сбор данных с порта принтера. Для связи с системой сбора данных используется сервер ввода-вывода, позволяющий обмениваться данными с периферийными устройствами по сети Ethernet. Главный недостаток такого подхода состоит в невозможности получать данные в реальном времени, так как в большинстве случаев формирование отчётов для печати на принтере происходит один раз за несколько циклов станка. Кроме того, количество параметров, значение которых может быть получено таким способом, ограничено – обычно доступно значение 7-10 параметров.

Последний способ связан с использованием устройств сбора данных, позволяющих получать значения нужных параметров непосредственно с датчиков системы управления либо со специально установленных датчиков. Так как для решения большинства задач MES-системы достаточно информации о количестве и длительности циклов, такой способ позволяет организовать мониторинг работы даже самой старой машины. Достаточно найти на станке или дополнительно установить датчик, изменение сигнала с которого можно однозначно связать с началом или окончанием цикла машины. В качестве примера можно привести датчик смыкания или размыкания пресс-формы, датчик наличия заготовки, датчик исходного положения рабочего инструмента и т.д. В последнее время всё чаще для определения состояния машины (выключена, включена и остановлена, работает в холостом режиме, выполняет обработку детали и т.д.) используют бесконтактные датчики тока (например, датчики серии ИПТ). Датчик устанавливается на одной из питающих фаз (фазный провод для этого пропускается через отверстие на датчике), измеряет силу тока и преобразует её значение в унифицированный сигнал 4...20 мА. Пороговые значения, соответствующие каждому режиму работы машины, обрабатываются либо устройством сбора данных на основе ПЛК, либо уже в MES.

Вопрос о том, какой из перечисленных методов организации сбора данных будет применяться при внедрении конкретной системы может быть решён только на месте. Единственное, что можно порекомендовать – выбирать по возможности наиболее стандартный подход из имеющихся. Например, если система управления машиной позволяет получать данные как с помощью EUROMAP63, так и с помощью OPC, следует выбрать EUROMAP63, так как данный стандарт не зависит от производителя компонентов системы управления, содержит средства описания назначения переменных и не требует наличия исходного проекта программного обеспечения системы управления.

В заключение рассказа о технологиях сбора данных в MES хотелось бы отметить, что работу по организации взаимодействия с оборудованием крайне желательно начинать уже на этапе выбора и поставки производственного оборудования. Тому есть несколько причин. Во-первых, если обязать поставщика оборудования предусмотреть наличие необходимых информационных интерфейсов, то не придётся в дальнейшем придумывать что бы такое поставить на станок, чтобы получить данные о текущем состоянии. Вся работа будет сделана создателями машины, а её стоимость будет практически не видна на фоне стоимости всего станка. К тому же многие производители оборудования являются OEM-партнёрами производителей систем управления, так что стоимость коммуникационных процессоров и интерфейсных плат в этом случае может оказаться гораздо ниже. Во-вторых, если решить проблему с передачей данных с самого начала, не придётся в дальнейшем убеждать руководство потратить на неё дополнительные средства.

Заключение

В статье были рассмотрены некоторые задачи, которые могут решать MES-системы, а также пути реализации обмена информацией оборудования – необходимого условия актуальности данных, используемых важнейшими модулями MES. В заключение хотелось бы описать часть преимуществ, которые получает предприятие после успешного внедрения MES-системы.

- Повышение технологической дисциплины за счёт внедрения системы сбора и хранения данных о ходе производственного процесса – когда операторы знают, что все их действия записываются и могут быть проанализированы в дальнейшем, они начинают гораздо более ответственно относиться к соблюдению правил и инструкций.
- Упорядочение НСИ и создание единого хранилища НСИ средствами MES или ERP (а чаще всего – с помощью комбинации этих средств). Единая база НСИ позволяет быть уверенным в том, что все подразделения производственного предприятия одинаково представляют себе объём ресурсов, необходимых для выпуска того или иного изделия.
- Снижение длительности простоев вследствие своевременного технического обслуживания (в чём помогает модуль управления техническим обслуживанием), а также наличия возможности мониторинга производства в реальном времени и своевременного реагирования на отклонение параметров работы машины от заданных. Например, увеличение среднего времени цикла машины зачастую говорит о неудовлетворительной работе основных её узлов. Ес-

ли MES содержит средства контроля значений ключевых параметров работы оборудования (а большинство MES такие средства содержит, так как ничего технически сложного здесь нет), пользователь может задать для каждого параметра допустимые границы изменения и указать сотрудников, которым автоматически будут рассылаться сообщения при нарушении этих границ.

- Снижение затрат на ввод данных о результатах производства. Внедрение модуля сбора данных позволяет добиться автоматической передачи информации о количестве выпущенных изделий как в MES, так и в ERP (при наличии интерфейсов для связи между MES и ERP). На многих заводах ввод данных о количестве выпущенных изделий, доле брака, технологических режимах и т.д. занимает несколько часов в день и требует назначения отдельного сотрудника. Автоматический ввод данных не только делает ненужной работу по ручному вводу данных, но и позволяет повысить качество данных, так как теперь невозможны как случайные, так и умышленные искажения информации о ходе производства.

Краткий каталог MES-систем

Представлены базовые сведения о системах класса MES, представленных на российском рынке по данным каталога сайта MEScenter.ru на 1 сентября 2013 года

О каталоге	89	Инфоконт (Сенсоры Модули Системы, Россия)	100
MES-системы, представленные на рынке	89	Easy95 ODS (Ninety-Five, Бельгия)	101
MES Pharis (UNIS, Чехия)	89	IFS Applications (IFS, Швеция)	101
IT-Enterprise APS/MES (Информационные технологии, Украина)	91	Гибридная (MES - DCS) система Matrix HCS (Систем АП, Россия)	102
АЙЛЭНД-ЭК (Терсис, Россия)	92	MES-Система "MES-T2 2020"(ИнформСистем, Россия)	103
MES/ERP-система "Большое Дело"(Астра-Софт, Беларусь)	93	Lean ERP SCMo (Райтстеп, Россия)	104
Wonderware MES Software 2012 (Wonderware, США)	94	Malahit.MES (Малахит, Россия)	105
Галактика АММ (Корпорация Галактика, Россия)	95	PROefficient (BDE-Engineering, Германия)	106
MES HYDRA (MPDV, Германия)	96	Proficy Plant Applications (GE, США)	107
DIAMES (CSM, Швейцария)	97	Simatic IT Production Suite (Siemens, Германия)	108
Zenith SPSS (Софф Трейд, Россия)	98	MES система "СПРУТ-ОКП"(СПРУТ-Технология, Россия)	109
IDbox, Real-Time Data Acquisition System (CIC, Испания)	99	ERP и MES система "ТЕХНОКЛАСС"(Л-Класс, Болгария)	110
		MES система "ФОБОС"(ИКИ РАН, Россия)	111

О каталоге

Предлагаемый Вашему вниманию каталог не претендует на альтернативу глобальному каталогу MES-систем, выпускаемым ассоциацией MESA International. Но он, в отличие от каталога ассоциации MESA, содержит не только решения известных поставщиков, но и решения небольших компаний и российские разработки.

Очень часто от MES-системы не требуется крупномасштабной функциональности, необходимо лишь решить какую-то конкретную или очень специфическую задачу. В таких условиях может так оказаться, что решения не очень известных разработчиков оказываются гораздо эффективнее как по цене, так и по гибкости и открытости.

Предлагаемый каталог ни в коем случае не претендует на полноту. Он составлен на основании данных, предоставленных разработчиками portalу MEScenter.ru по состоянию на 1 сентября 2013 года. Приглашения разместить информацию были отправлены всем разработчиком, кто-то откликнулся, кто-то нет. Вся информация представлена именно в таком виде, в каком она была предоставлена разработчиками.

При составлении Каталога системы размещены, в основном, в алфавитном порядке (по примерному русскому произношению) и сознательно не разделены ни на какие группы. Причина проста – систем, на самом деле, не так уж и много и любое разделение скорее помешает, нежели поможет правильному выбору.

Авторы и составители настоящего сборника не несут ответственности за достоверность и полноту информации, представленной в Каталоге. Для получения

более актуальной информации рекомендуем Вам воспользоваться он-лайн каталогом непосредственно на сайте MEScenter.ru.

Составители сборника очень надеются, что данный Каталог окажется Вам полезным при выборе MES-решения для Вашего производства.

MES-системы, представленные на рынке

MES Pharis (UNIS, Чехия)

Современная система цехового управления для дискретного и рецептурного производства с широким спектром применения.



Таблица 1: Общие сведения о системе Pharis

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Pharis
Разработчик	UNIS, a.s. (Чешская республика, г. Брно)
Сертификаты разработчика	ISO 9001:2008 (2012 г.) - система менеджмента качества, ISO/IEC 20000-1:2005 (2011 г.) - информационная безопасность, CAA-TI-026 - проектирование в сфере гражданской авиации, JAR-21 - производство авиакомпонентов, COS 051622 (AQAP 2110) - реализация военных проектов
Язык интерфейса	Русский (чешский, английский)
Язык документации	Русский (чешский, английский)
Сайт разработчика	www.unis.cz www.pharis.cz
Представитель в России	ООО "Компания "ТЕРСИС"(г. Москва), www.tersys.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение
Тип производства	Дискретное производство Рецептурное производство
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности

Таблица 1: Общие сведения о системе Pharis

Характеристика	Описание или значение
Наличие преднастроенных конфигураций	Производство пластиковых изделий (литьё под давлением), Металлообработка
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows Server
Клиент	Тонкий клиент (IE, Firefox), требуется Flash и Microsoft Silverlight
Поддержка терминалов	На базе компьютера, Microsoft Windows XP Embedded (XP, Vista, 7)
Мобильный клиент	PDA на базе Microsoft Windows Mobile, требуется поддержка Windows .Net
Идентификация	Штрих-кодирование RFID-идентификация
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	1С-Предприятие, SAP/R3, Microsoft Dynamics NAV (Navision), Microsoft Dynamics AX (Ахарт), Entry, Helios, Q1 , K2
Протоколы обмена	EUROMAP63, Arburg, OPC DA
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95
Средства интеграции	CSV, Веб-сервисы

IT-Enterprise APS/MES (Информационные технологии, Украина)



Таблица 2: Общие сведения о системе IT-Enterprise

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	IT-Enterprise
Разработчик	ООО НПП "Информационные технологии"(Украина, г. Киев)
Сертификаты разработчика	ISO 9001:2008 (2012 г.), ДСТУ ISO 9001:2009 УкрСЕПРО (2011 г.)
Язык интерфейса	Русский (английский, украинский)
Язык документации	Русский (английский, украинский)
Сайт разработчика	www.it.ua
Представитель в России	Официальное представительство в г. Москве, www.it-enterprise.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Модуль в составе интегрированной системы

Таблица 2: Общие сведения о системе IT-Enterprise

Характеристика	Описание или значение
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство Рецептурное производство Непрерывное производство
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Наличие преднастроенных конфигураций	Кабельное производство, Фармацевтика, Приборостроение, Мясопереработка
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows Server Standard или Enterprise Edition
Клиент	Толстый клиент, Microsoft Windows (требуется .Net)
Поддержка терминалов	На базе компьютера, адаптированный интерфейс через удалённый рабочий стол
Мобильный клиент	Терминалы сбора данных на базе Windows Mobile и Windows CE
Идентификация	Штрих-кодирование RFID-идентификация
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	IT-Enterprise ERP, IC-Предприятие, SAP R/3
Протоколы обмена	S7-communication, Modbus TCP
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95
Средства интеграции	Интеграция с системами SolidWorks, Pro/ENGINEER, Autodesk Inventor, NX (Unigraphics), Компас-График, T-Flex, Search, Лощман

АЙЛЭНД-ЭК (Терсис, Россия)

Комплексная система поддержки деятельности газотранспортных компаний, электросетей, водоканалов и др. эксплуатирующих компаний.

Таблица 3: Общие сведения о системе АЙЛЭНД-ЭК

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	АЙЛЭНД-ЭК
Разработчик	ООО "Компания "ТЕРСИС"(Россия, г. Москва)

Таблица 3: Общие сведения о системе АЙЛЭНД-ЭК

Характеристика	Описание или значение
Сертификаты разработчика	Входит в реестр ОАО "Газпром" компаний, допущенных к выполнению работ по капитальному ремонту (автоматизация планирования)
Язык интерфейса	Русский
Язык документации	Русский
Сайт разработчика	www.tersys.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Комплекс отдельных модулей, составляющих единую систему
Тип производства	Управление распределением
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PA Анализ производительности
Наличие предустановленных конфигураций	АСУП Газотранспортной компании
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows Server
Клиент	Тонкий клиент (IE, Firefox)
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	1С-Предприятие, АЙЛЭНД-ERP
Протоколы обмена	OPC DA
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95
Средства интеграции	Набор представлений СУБД, CSV

MES/ERP-система "Большое Дело" (Астра-Софт, Беларусь)

Таблица 4: Общие сведения о системе Большое Дело

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Большое Дело
Разработчик	ЧУП "Астра-Софт" (Беларусь, г. Минск)
Язык интерфейса	Русский
Язык документации	Русский
Сайт разработчика	www.astrasoft.by
Представитель в России	нет

Таблица 4: Общие сведения о системе Большое Дело

Характеристика	Описание или значение
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Модуль в составе интегрированной системы
Тип производства	Дискретное производство Рецептурное производство
Поддерживаемые функции по модели MESA	ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом PM Управление производственными процессами
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows Server
Клиент	Microsoft Access
Идентификация	Штрих-кодирование
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	нет
Протоколы обмена	по запросу
Средства интеграции	Через стандартные типы файлов пакета Microsoft Office

Wonderware MES Software 2012 (Wonderware, США)

Таблица 5: Общие сведения о системе Wonderware MES Software 2012

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Wonderware MES Software 2012
Разработчик	Wonderware Company Headquarters (США, Калифорния)
Язык интерфейса	Русский частично (английский)
Язык документации	Русский частично (английский)
Сайт разработчика	wonderware.com iom.invensys.com
Представитель в России	ЗАО "Клинкманн Спб"(г. Санкт-Петербург), www.wonderware.ru ООО "Индасофт"(г. Москва), www.indusoft.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение в составе комплекса программ
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство Рецептурное производство Управление распределением

Таблица 5: Общие сведения о системе Wonderware MES Software 2012

Характеристика	Описание или значение
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов DPU Диспетчеризация производства DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows
Клиент	Толстый клиент, Microsoft Windows, Тонкий клиент
Поддержка терминалов	На базе промышленного компьютера
Идентификация	Штрих-кодирование RFID-идентификация
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	SAP, Microsoft Dynamics, Oracle
Протоколы обмена	OPC DA, опционно модуль Device Integration
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95 Поддержка B2MML
Средства интеграции	OPC, опционно модуль Enterprise Integrator

Галактика АММ (Корпорация Галактика, Россия)

Таблица 6: Общие сведения о системе Галактика АММ

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Галактика АММ
Разработчик	Корпорация Галактика, (Россия, г. Москва)
Сертификаты разработчика	DIN EN ISO 9001:2008 (до 2014 г.) - система менеджмента качества
Язык интерфейса	Русский
Язык документации	Русский
Сайт разработчика	www.galaktika.ru www.galaktika.ru/amm/
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение в составе комплекса программ
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство

Таблица 6: Общие сведения о системе Галактика АММ

Характеристика	Описание или значение
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами PTG Отслеживание и генеалогия продукции РА Анализ производительности
Наличие преднастроенных конфигураций	Оперативное управление химическим производством, Оперативное управление трубопроводным производством
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows Server 2003 R2 Standard Edition x64
Клиент	Толстый клиент, Windows: XP и старше
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	Галактика ERP
Средства интеграции	Встроенная с системами WindChill, Лощман

MES HYDRA (MPDV, Германия)

Таблица 7: Общие сведения о системе HYDRA

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	HYDRA
Разработчик	MPDV Mikrolab GmbH (Германия, г. Мосбах)
Сертификаты разработчика	DIN EN ISO 9001:2000 - система менеджмента качества, BS EN ISO 9001:2000 (2010 г.)
Язык интерфейса	Русский (немецкий, английский)
Язык документации	Русский (немецкий, английский)
Сайт разработчика	www.mpdv.de
Представитель в России	ООО "ЦЭПР"(г. Новосибирск), www.roscepr.ru ООО "Индасофт"(г. Москва), www.indusoft.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство Рецептурное производство Непрерывное производство

Таблица 7: Общие сведения о системе HYDRA

Характеристика	Описание или значение
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows Server 2008 R2 Standard или Enterprise Edition, SuSE Linux Enterprise Server 11 SP1
Клиент	Толстый клиент, Windows XP и выше
Поддержка терминалов	На базе компьютера, Microsoft Windows XP, 7
Мобильный клиент	через веб-клиента
Идентификация	Штрих-кодирование RFID-идентификация
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	SAP ERP ("SAP Certificated"), ORACLE BS, Infor ERP, IC 8.0
Протоколы обмена	Serial, OPC DA, EUROMAP63, EUROMAP15, Arburg, Demag-NC4-Arcnet
Совместимость с ISA-95	Поддержка B2MML
Средства интеграции	Специальный модуль горизонтальной интеграции

DIAMES (CSM, Швейцария)

Таблица 8: Общие сведения о системе DIAMES

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	DIAMES
Разработчик	CSM Systems AG (Швейцария, г. Ульстер)
Язык интерфейса	Русский частично (английский, немецкий)
Язык документации	Русский (английский, немецкий)
Сайт разработчика	diames.com
Представитель в России	нет
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение

Таблица 8: Общие сведения о системе DIAMES

Характеристика	Описание или значение
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство Непрерывное производство
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows: XP Pro, 7 Pro, Server 2003, 2008, AIX Base Operating System 4.3.1 или старше
Клиент	Толстый клиент, Windows XP Pro, 7 Pro, Тонкий клиент
Поддержка терминалов	Информационная панель на базе Windows XP Pro
Мобильный клиент	Планшеты с сенсорной панелью на платформе Microsoft Windows
Идентификация	Штрих-кодирование RFID-идентификация
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	IC-Предприятие, SAP R/3, Baan, Microsoft Dynamics
Протоколы обмена	OPC DA, WuT
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95 Поддержка B2MML

Zenith SPPS (Софф Трейд, Россия)

Таблица 9: Общие сведения о системе Zenith Shopfloor Production Planning System (Zenith SPPS)

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Zenith Shopfloor Production Planning System (Zenith SPPS)
Разработчик	ООО "Софф Трейд"(Россия, г. Москва)
Язык интерфейса	Русский (английский, китайский)
Язык документации	Русский (частично английский, китайский)
Сайт разработчика	www.zspps.com
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение

Таблица 9: Общие сведения о системе Zenith Shopfloor Production Planning System (Zenith SPPS)

Характеристика	Описание или значение
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство Рецептурное производство Непрерывное производство Управление распределением
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows
Клиент	Толстый клиент, Microsoft Windows, Тонкий клиент (поддержка HTML 4.0)
Поддержка терминалов	Информационная панель, Терминал на базе промышленного компьютера
Мобильный клиент	На базе веб-браузера (оптимизированный интерфейс)
Идентификация	Штрих-кодирование RFID-идентификация
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	1C, SyteLine, MS Dynamics AX
Протоколы обмена	TCP/IP
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95
Средства интеграции	Интеграция с ТехноПро, АСКОН Лощман/Вертикаль, T-Flex

IDbox, Real-Time Data Acquisition System (CIC, Испания)

Таблица 10: Общие сведения о системе IDbox

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	IDbox
Разработчик	CIC Consulting Informatico de Cantabria, S.L. (Испания, г. Сантандер)
Сертификаты разработчика	ISO 9001:2000 (2004 г.), ISO 14001:2004 (2009 г.), ISO/IEC 27001:2007 (2009 г.)
Язык интерфейса	Русский частично (испанский)
Язык документации	Русский частично (испанский)

Таблица 10: Общие сведения о системе IDbox

Характеристика	Описание или значение
Сайт разработчика	www.cic.es www.idbox.cic.es
Представитель в России	ООО "Компания "ТЕРСИС"(г. Москва), www.tersys.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение, Модуль для решения отдельной задачи для использования в других системах
Тип производства	Дискретное производство Рецептурное производство Непрерывное производство Управление распределением
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов DPU Диспетчеризация производства DCA Сбор и хранение данных QM Управление качеством PA Анализ производительности PB Продуктовый баланс
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер, файл-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows
Клиент	Тонкий клиент (кросс-браузерно), Толстый клиент, Microsoft Windows
Мобильный клиент	Решения для OS Android и OS Apple
Идентификация	RFID-идентификация
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	SAP R/3, Microsoft Dynamics
Протоколы обмена	OPC, MODBUS TCP, MODBUS RTU, IEC 870-5-102, IEC 870-5-101, IEC 870-5-104, SCHNEIDER Modicon Quantum, SCHNEIDER Modicon Momentum, SNMP v2, DUPLINE Profibus, BECKHOFF, MITSUBISHI, SIEMENS, ALLEN-BRADLEY, GE FANUC, FTP, YOKOGAWA, RTP, MVD, MBC
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95 Поддержка B2MML
Средства интеграции	Набор специализированных коннекторов

Инфоконт (Сенсоры Модули Системы, Россия)

Таблица 11: Общие сведения о системе Инфоконт

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Инфоконт
Разработчик	ООО Научно-внедренческая фирма "Сенсоры, Модули, Системы"(Россия, г. Самара)
Сертификаты разработчика	ISO 9001-2008 (2011 г.)- система менеджмента качества, ISO 14001-2007 (2012 г.)
Язык интерфейса	Русский

Таблица 11: Общие сведения о системе Инфоконт

Характеристика	Описание или значение
Язык документации	Русский
Сайт разработчика	sms-automation.ru infocont.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение
Тип производства	Дискретное производство Непрерывное производство Управление распределением
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных ММ Управление техобслуживанием и ремонтом РА Анализ производительности
Наличие преднастроенных конфигураций	Оперативное управление химическим производством, Оперативное управление трубопроводным производством
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер или отдельная установка
Серверная ОС	Windows Server 2003 и старше
Клиент	Тонкий клиент, Windows: XP и старше
Поддержка терминалов	На базе компьютера с ОС Windows XP и выше
Интеграционные возможности	
Средства интеграции	ОПС, СУБД (Oracle, MS SQL), CSV, XML, web-сервисы, win-sockets

Easy95 ODS (Ninety-Five, Бельгия)

Реализация стандарта ISA-95 в чистом виде, идеальная платформа для построения цифровой модели производства.

Таблица 12: Общие сведения о системе Easy95 ODS

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Easy95 ODS
Разработчик	Ninety-Five Ltd. (Бельгия, г. Перк)
Сертификаты разработчика	нет
Язык интерфейса	Русский (английский)
Язык документации	Русский (английский)
Сайт разработчика	www.ninety-five.com
Представитель в России	ООО "Компания "ТЕРСИС"(г. Москва), www.tersys.ru
Характеристики MES-системы	

Таблица 12: Общие сведения о системе Easy95 ODS

Характеристика	Описание или значение
Тип установки	Модуль для решения отдельной задачи для использования в других системах
Тип производства	Дискретное производство Рецептурное производство
Поддерживаемые функции по модели MESA	DCA Сбор и хранение данных
Наличие преднастроенных конфигураций	Система ведения технологической НСИ - цифровой модели производства
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows Server, Linux
Клиент	Тонкий клиент (IE, Firefox)
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	нет
Протоколы обмена	OPC DA, OPC UA
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95 Поддержка B2MML
Средства интеграции	Открытая структура данных в СУБД по модели ISA-95, CSV, Веб-сервисы

IFS Applications (IFS, Швеция)

Таблица 13: Общие сведения о системе IFS Applications

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	IFS Applications
Разработчик	IFS Headquarter (Швеция, г. Линкёпинг)
Сертификаты разработчика	ISO-9001
Язык интерфейса	Русский (английский для системных инженеров и разработчиков)
Язык документации	Русский (английский для системных инженеров и разработчиков)
Сайт разработчика	www.ifsworld.com
Представитель в России	ЗАО "ИФС СНГ"(дочерняя компания, Москва), www.ifsworld.com/ru-ru/
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Модуль в составе интегрированной системы
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство Рецептурное производство Непрерывное производство Управление распределением

Таблица 13: Общие сведения о системе IFS Applications

Характеристика	Описание или значение
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности PB Продуктовый баланс
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер, трехзвенная архитектура
Серверная ОС	Windows, Unix, Linux, Solaris
Клиент	Тонкий, толстый. Мобильный и веб клиент
Идентификация	Штрих-кодирование RFID-идентификация
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	ERP IFS Applications
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95 Поддержка B2MML

Гибридная (MES - DCS) система Matrix HCS (Систем АП, Россия)

Таблица 14: Общие сведения о системе Matrix HCS

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Matrix HCS
Разработчик	ООО "Систем АП"(Россия, Москва)
Сертификаты разработчика	ISO 9001:2008 (2012 г.) - система менеджмента качества
Язык интерфейса	Русский
Язык документации	Русский
Сайт разработчика	www.system-ap.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение
Тип производства	Рецептурное производство Непрерывное производство Управление распределением

Таблица 14: Общие сведения о системе Matrix HCS

Характеристика	Описание или значение
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности PB Продуктовый баланс
Наличие преднастроенных конфигураций	Оперативное управление химическим производством, Оперативное управление трубопроводным производством
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows
Клиент	Тонкий клиент (IE)
Поддержка терминалов	На базе компьютера
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	Oracle OEBS, SAP R/3
Протоколы обмена	OPC, RDI, RSLINX, FTP, AP51, MODBUS, OSI PI, uXL, AW70, CENTUM CS
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95 Поддержка B2MML
Средства интеграции	Набор бриджей для различных интеграционных схем

MES-Система "MES-T2 2020"(ИнформСистем, Россия)

Таблица 15: Общие сведения о системе MES-T2 2020

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	MES-T2 2020
Разработчик	ООО "Фирма ИнформСистем (Россия, Екатеринбург)
Язык интерфейса	Русский
Язык документации	Русский
Сайт разработчика	www.Inform-System.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение
Тип производства	Непрерывное производство

Таблица 15: Общие сведения о системе MES-T2 2020

Характеристика	Описание или значение
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DCA Сбор и хранение данных QM Управление качеством PM Управление производственными процессами PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Наличие предустановленных конфигураций	Электроэнергетика, электростанции: ТЭЦ, ГРЭС, АЭС
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер, файл-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows
Клиент	Толстый клиент, Microsoft Windows

Lean ERP SCMo (Райтстеп, Россия)

Таблица 16: Общие сведения о системе Lean ERP SCMo

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Lean ERP SCMo
Разработчик	"Райтстеп ООО (Россия, Санкт-Петербург)
Язык интерфейса	Русский
Язык документации	Русский
Сайт разработчика	www.rightstep.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Модуль (подсистема) в составе интегрированной системы
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство Управление распределением
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер, трехзвенная архитектура
Серверная ОС	Microsoft Windows Server
Клиент	Тонкий клиент

Таблица 16: Общие сведения о системе Lean ERP SCMo

Характеристика	Описание или значение
Поддержка терминалов	На базе компьютера
Мобильный клиент	Через http, адаптировано для мобильных клиентов
Идентификация	Штрих-кодирование
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	Infor ERP Syteline, Infor ERP Ln, IC, SAP R/3

Malahit.MES (Малахит, Россия)

Таблица 17: Общие сведения о системе Malahit.MES

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Malahit.MES
Разработчик	ООО "Малахит"(Россия, г.Челябинск)
Сертификаты разработчика	ГОСТ ISO 9001-2011 (ISO 9001:2008) - система менеджмента качества
Язык интерфейса	Русский
Язык документации	Русский
Сайт разработчика	www.malahitsoft.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение
Тип производства	Дискретное производство
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows Server
Клиент	Толстый клиент (Windows), тонкий клиент (IE)
Мобильный клиент	PDA на базе Microsoft Windows Mobile, Windows CE
Идентификация	Штрих-кодирование
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	Malahit.ERP, Microsoft Dynamics AX (Axapta)

PROefficient (BDE-Engineering, Германия)

Таблица 18: Общие сведения о системе PROefficient

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	PROefficient
Разработчик	BDE-Engineering GmbH (Германия, г. Беверюнген)
Сертификаты разработчика	CE-сертификат на терминалы PROtouch
Язык интерфейса	Русский (английский, немецкий, французский, датский, испанский, чешский)
Язык документации	Русский (английский, немецкий)
Сайт разработчика	www.bde-engineering.de
Представитель в России	ООО "Системы промышленной автоматизации" (г. Красноярск), ООО "Автоматизированные бизнес-системы" (г. Красноярск), www.digitalmind-d.com
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство Рецептурное производство
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных QM Управление качеством MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Наличие преднастроенных конфигураций	Производство изделий из пластика, Производство искусственных покрытий, Металлообработка, Производство металлического профиля
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows Server
Клиент	Толстый клиент
Поддержка терминалов	PROtouch - на базе компьютера, Microsoft Windows XP Embedded
Идентификация	Штрих-кодирование
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	SAP, SAP Business One, Microsoft (Axapta, Navision), Baan (Baan IV, Baan ERP), ORDAT (FOSS, MS Dynamics AX), ProAlpha, SAGE, B

Proficy Plant Applications (GE, США)

Таблица 19: Общие сведения о системе Proficy Plant Applications

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Proficy Plant Applications
Разработчик	GE Intelligent Platforms (США, г. Шарлотсвилль)
Сертификаты разработчика	ISO 9001:2008 (2002 г.)
Язык интерфейса	Английский
Язык документации	Английский
Сайт разработчика	www.ge-ip.com
Представитель в России	ЗАО "ТЕХНОЛИНК"(г. Санкт-Петербург), www.technolink.spb.ru ООО "Индасофт"(г. Москва), www.indusoft.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство Рецептурное производство Непрерывное производство Управление распределением
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Клиент	Толстый клиент
Поддержка терминалов	На базе промышленного компьютера
Идентификация	Штрих-кодирование
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	IC-Предприятие, Галактика ERP
Протоколы обмена	OPC DA
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95
Средства интеграции	Proficy SOA

Simatic IT Production Suite (Siemens, Германия)

Таблица 20: Общие сведения о системе Simatic IT Production Suite

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Simatic IT Production Suite
Разработчик	Siemens (Германия, Мюнхен)
Язык интерфейса	Английский (немецкий)
Язык документации	Английский (немецкий)
Сайт разработчика	www.automation.siemens.com
Представитель в России	Бюро Siemens в Москве, iadt.siemens.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение
Тип производства	Дискретное производство Рецептурное производство Непрерывное производство
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows Server
Клиент	Толстый клиент, Тонкий клиент (требуется Visual Studio)
Поддержка терминалов	На базе промышленного компьютера
Идентификация	Штрих-кодирование RFID-идентификация
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	SAP R/3
Протоколы обмена	OPC DA/HDA, WinCC, PCS7
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95
Средства интеграции	COM/DCOM, интеграция с LIMS Unilab

MES система "СПРУТ-ОКП"(СПРУТ-Технология, Россия)

Таблица 21: Общие сведения о системе СПРУТ-ОКП

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	СПРУТ-ОКП
Разработчик	ЗАО "СПРУТ-Технология"(Россия, Набережные Челны)
Язык интерфейса	Русский
Язык документации	Русский
Сайт разработчика	www.sprut.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение в составе комплекса программ
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Наличие преднастроенных конфигураций	Производство упаковок
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows Server, XP, Win7
Клиент	Толстый клиент, Microsoft Windows XP, 7
Идентификация	Штрих-кодирование
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	IC-Предприятие
Средства интеграции	Интерфейс с СПРУТ-ТП, XML, XLS

ERP и MES система "ТЕХНОКЛАСС"(Л-Класс, Болгария)

Таблица 22: Общие сведения о системе ТЕХНОКЛАСС

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	ТЕХНОКЛАСС
Разработчик	Компания "Л-Класс"ООД (Болгария, София)
Сертификаты разработчика	ISO 9001-2008 (2012 г.) - система менеджмента качества, ISO 27001-2005 (2012 г.)
Язык интерфейса	Русский (болгарский)

Таблица 22: Общие сведения о системе ТЕХНОКЛАСС

Характеристика	Описание или значение
Язык документации	Русский (болгарский)
Сайт разработчика	www.techno-class.com
Представитель в России	ООО "КЦ Либра"(г. Москва), www.paccaudit.ru
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Модуль (подсистема) в составе интегрированной системы
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство Рецептурное производство Непрерывное производство
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Linux: Oracle Linux, Red Hat Enterprise Linux, SLES , Microsoft Windows Server
Клиент	Тонкий клиент, требуется браузер с поддержкой Java 1.4.2.x
Поддержка терминалов	Информационная панель или на базе компьютера с ОС Windows CE 5.0 или старше
Мобильный клиент	ТСД с ОС Windows CE / Mobile 5.0 или старше Mobile
Идентификация	Штрих-кодирование RFID-идентификация
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	ERP "ТЕХНОКЛАСС"
Протоколы обмена	RS-232

MES система "ФОБОС"(ИКТИ РАН, Россия)

Таблица 23: Общие сведения о системе ФОБОС

Характеристика	Описание или значение
Общие сведения о системе	
Название	Интегрированная система технологической подготовки, оперативного планирования и диспетчерского контроля для машиностроительных производств ФОБОС
Разработчик	Институт конструкторско-технологической информатики РАН (Россия, Москва)
Язык интерфейса	Русский

Таблица 23: Общие сведения о системе ФОБОС

Характеристика	Описание или значение
Язык документации	Русский
Характеристики MES-системы	
Тип установки	Самостоятельное решение
Тип производства	Машиностроение Дискретное производство
Поддерживаемые функции по модели MESA	RAS Контроль состояния и распределение ресурсов ODS Оперативное/Детальное планирование DPU Диспетчеризация производства DOC Управление документами DCA Сбор и хранение данных LM Управление персоналом QM Управление качеством PM Управление производственными процессами MM Управление техобслуживанием и ремонтом PTG Отслеживание и генеалогия продукции PA Анализ производительности
Наличие преднастроенных конфигураций	Для машиностроительных предприятий с мелкосерийным и единичным типом производства
Технические характеристики MES-системы	
Архитектура	Клиент-сервер
Серверная ОС	Microsoft Windows XP, 7
Клиент	Толстый клиент, Microsoft Windows XP, 7
Поддержка терминалов	Информационная панель
Идентификация	Штрих-кодирование
Интеграционные возможности	
Интерфейсы с ERP-системами	SAP R/3
Совместимость с ISA-95	Построение модели данных на основе рекомендаций стандарта ISA-95
Средства интеграции	Интерфейсы с САПР ТП "Вертикаль" "Темп" "ТехноПро"