Введение

При создании интегрированных систем управления промышленным предприятием можно выделить функции, покрываемые системами класса ERP, MES и АСУТП. В последнее время о производственных исполнительных системах (MES) принято говорить как о ключевом элементе эффективного управления предприятием. Действительно, системы класса MES поддерживает производственную деятельность предприятия в режиме реального времени, используя фактические технологические данные, и формируют данные о текущих производственных показателях, необходимые для функционирования ERP-систем. Оперативный отклик на изменяющиеся условия в сочетании с ориентацией MES на снижение издержек помогают эффективно управлять производственными операциями и процессами.

Таким образом, для эффективного управления предприятием требуется решить задачу интеграции информационных систем, присутствующих на производственном предприятии. Этой теме посвящена статья авт. *А. П. Козлецова* и *И. С. Решетникова*.

Далее в номере журнала, посвященном вопросам эффективного управления производством, представлены статьи:

– о реализации задач производственного планирования на различных производственных предприятиях (авт. *Е. С. Баулин* и др.; *Р. А. Шайдуллин* и др.; *А. М. Сидоренко* и *Е. Н. Хоботов*; *И. Н. Мухин*);

– о подходах к внедрению систем класса MES (авт. *К. Хаклероуд* и *А. В. Тюняткин*; *Е. М. Абакумов* и др.);

– о построении единого информационного пространства предприятия (авт. *В. И. Кувыкин* и *М. Ю. Петухов*; *Л. В. Гурьянов* и *А. Б. Ключников*);

– об опыте реализации проектов: в области систем управления складом (компания LogistiX) и ERP-систем (компании НОРБИТ).

Применение стандарта ISA-95 для интеграции информационных систем на производственном предприятии

А.П. Козлецов (ООО «Компания «ТЕРСИС»), И.С. Решетников (MESA International)

Рассмотрены основные информационные модели, описанные в стандарте ISA-95. Показано, как данные модели могут использоваться при решении задачи интеграции информационных систем уровня MES и ERP, используемых на промышленном предприятии. Описана реализация концепций ISA-95 в системе Easy95 ODS.

Ключевые слова: стандарт, ISA-95, интеграция, информационная система, информационная модель производства, B2MML.

Стандарт ISA-95

На многих современных производственных предприятиях для решения задач управления производством используется достаточно много программных пакетов от самых разных производителей. SCADA, LIMS, MES, ERP, системы контроля качества, системы управления складом и многие другие системы внедряются в разное время разными подрядчиками, в результате чего предприятие становится обладателем «зоопарка» систем, далеко не все представители которого готовы ко взаимодействию друг с другом. Рано или поздно возникает задача передачи информации от одной системы к другой, постепенно приводящая к возникновению задачи обеспечения совместной работы всех систем.

Один из подходов к решению этой задачи состоит в создании общей БД, в которой бы хранилась общая для всех систем информация. Такая база может быть реализована в рамках проекта по внедрению MES либо отдельно от него. При этом было бы удобно, если в запросах к БД фигурировали бы не таблицы и столбцы, а станки, сотрудники, материалы, ТП, то есть все то, из чего, собственно, и состоит производство. Для этого система, обеспечивающая функционирование общей БД, должна поддерживать не только стандартные технологии доступа к данным (OPC, ODBC, SOAP и т.д), но и стандартные информационные модели. Такие модели описаны в стандарте ISA-95 [1, 2].

Данный стандарт был разработан для облегчения решения задачи интеграции производственных (например, MES) и корпоративных информационных систем (ERP). Для организации обмена данными между этими классами систем необходимо не только обеспечить передачу данных, но и заставить системы говорить на одном языке. Например, формат описания оборудования должен быть общим как для MES, так и для ERP. А для этого обе системы должны использовать общие информационные модели.

Нужно отметить, что ISA-95 никоим образом не ограничивает применение тех или иных технологий или систем. Можно сказать, что он просто задает

направление, в котором нужно двигаться, чтобы получить открытую для взаимодействия информационную систему, а выбор средств для достижения этой цели остается за пользователем.

В настоящее время в состав стандарта входят четыре части:

– ANSI/ISA-95.00.01-2010 (IEC 62264-1 Mod) – модели и терминология;

– ANSI/ISA-95.00.02-2010 (IEC 62264-2 Mod) – атрибуты объектных моделей;

– ANSI/ISA-95.00.03-2005 – модели управления производственными операциями;

– ANSI/ISA-95.00.05-2007 – транзакции обмена данными между корпоративными и производственными информационными системами.

Еще две части: часть 4 (атрибуты моделей управления производственными операциями) и 6 (транзакции при управлении производственными операциями) находятся в стадии разработки.

Кроме решения задачи интеграции MES, ERP и других информационных систем, используемых в управлении производством, ISA-95 может использоваться для:

– создания информационной модели производства;

– построения корпоративной НСИ;

– интеграции производственных информационных систем (например, MES и LIMS);

– разработки моделей «как есть» и «как должно быть»;

– проектирования производственных информационных систем.

В первой части стандарта описан ряд информационных моделей, используемых при обмене данными между системами. Определены следующие модели [3]:

– производственных мощностей (Production Capability Model);

– персонала (Personnel Model);

– оборудования (Equipment Model);

– материалов (Material Model);

– сегментов процесса (Process Segment Model);

– определения продукции (Product Definition Model);

– производственного расписания (Production Schedule Module);

– производительности (Production Performance Model).

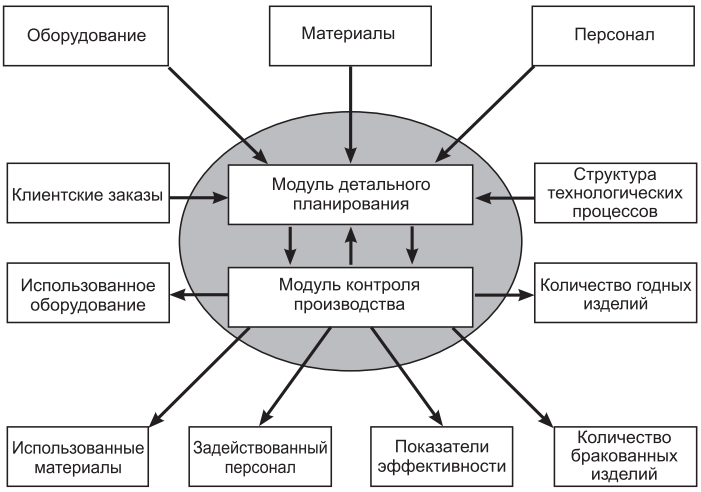

Рис. 1. Обмен информацией между MES и ERP: закрашенная область – границы MES

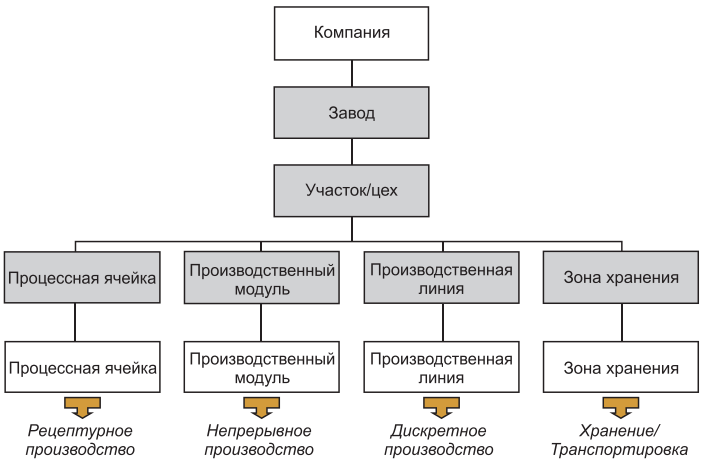

Рис. 2. Модель предприятия в ISA-95. Закрашены элементы, описанные в стандарте

Задача интеграции информационных систем на промышленном предприятии

Рассмотрим, какие информационные модели понадобятся для управления производством на предприятии, занимающемся, например, производством пластмассовых изделий методом литья под давлением. Таким способом изготавливаются самые разные изделия: от одноразовой посуды до деталей автомобилей. Также разнообразны и заводы, производящие изделия из пластика. Среди них можно найти и совсем маленькие предприятия с несколькими термопластавтоматами, выпускающими канцтовары или садовую тару, так и крупные предприятия, обеспечивающие сборочными компонентами крупнейшие автомобильные заводы [4].

С точки зрения внедрения систем автоматизации ситуация на таких заводах, как правило, повторяет ситуацию на большинстве производственных предприятий. Если предприятие оснащено более-менее современным оборудованием, то нижний уровень управления уже автоматизирован, так как сейчас электронной системой управления оснащаются даже самые дешевые термопластавтоматы. С другой стороны, необходимость быстрого и точного выполнения процедур бухгалтерского, финансового, складского учета привела к тому, что на большинстве предприятий внедрена та или иная система класса ERP, причем для большинства заводов такой системой является 1 С: Предприятие (вкупе с различными конфигурациями), встречаются также решения на базе Microsoft Dynamics NAV (Navision) и Microsoft Dynamic AX (Axapta) и др.

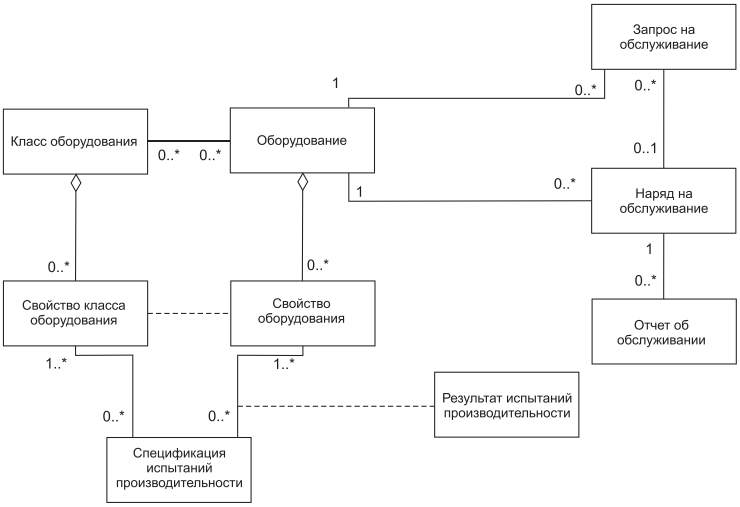

Рис. 3. Модель оборудования (Equipment Model) в ISA-95

При этом системы управления производственными процессами (MES) внедряются, как правило, в последнюю очередь, то есть когда значительная часть информации, необходимой для работы MES, уже присутствует в ERP. К такой информации относятся, например, данные о производственном оборудовании, пресс-формах, изделиях и ТП, материалах и т.д. Конечно, можно обеспечить повторный ввод и хранение информации в MES, однако это приведет к необходимости синхронизации с информацией в ERP и еще больше усложнит задачу. Поэтому наиболее частым решением является организация двунаправленного обмена данными между системами в РВ. При этом из ERP в MES передается информация о клиентских заказах и сроках их выполнения, а также вся информация, необходимая для составления производственного расписания, а в обратном направлении передается информация о фактическом числе выпущенных годных и бракованных изделий, фактическом расходе материалов, фактическом времени, потраченном на производство и т.д. Системы могут обмениваться информацией как непосредственно, так и через общую БД.

Рассмотрим кратко этапы производственного процесса.

1. Клиент размещает заказ, в котором указывает: что нужно произвести, в каком количестве и к какому сроку.

2. Информация о заказе передается из ERP на уровень MES, где используется при составлении производственного расписания на смену, сутки или более длительный промежуток в зависимости от организации производства.

3. В соответствии с производственным расписанием операторам выдаются сменные задания, выполняется наладка оборудования.

4. Выполняется производство изделий, при этом MES контролирует ход производственного процесса и протоколирует все важные данные (значения технологических параметров, число выпущенных и бракованных изделий и т.д.). При этом имеется возможность прогнозирования времени, оставшегося до завершения производства.

5. После окончания производства данные о результатах производства и использовании ресурсов передаются назад в ERP.

Как видно, обмен информацией между системами должен выполняться на первом и пятом этапах. Данные, которыми обмениваются системы, показаны на рис. 1.

И MES, и ERP должны использовать одинаковые модели для представления данной информации. Рассмотрим эти модели более подробно.

Информационные модели в ISA-95

В стандарте ISA-95 производственное предприятие представляется в виде иерархической модели, так что для идентификации каждой конкретной единицы оборудования можно использовать классификатор, указывающий на компанию, завод, производственный участок или цех и информацию об оборудовании [3].

Как видно из рис. 2, ISA-95 нацелено на использование в самых разных отраслях, вследствие чего встает проблема: какие свойства необходимо включить в модель оборудования, чтобы, с одной стороны, эта модель была пригодна для всех отраслей, а с другой – не содержала лишней информации. Кроме того, модель должна допускать описание составного оборудования для обеспечения возможности передавать информацию не только о производственной машине в целом, но и о ее узлах. Поэтому информационная модель оборудования сделана в ISA-95 максимально универсальной: она не содержит описания конкретных свойств, вместо этого в модели содержатся средства, позволяющие включить в описание конкретного типа оборудования любые нужные свойства (рис. 3).

Модель позволяет описывать как группу (класс) оборудования, так и конкретные единицы оборудования, принадлежащие этому классу. Наличие в модели элементов, связанных с техническим обслуживанием, позволяет использовать ее также в системах управления ТОиР.

В стандарте ISA-95 описывается структура модели и ее элементы, однако никак не оговариваются пути «физической» реализации модели. Например, представленная на рис. 3 модель оборудования может использоваться в качестве основы для проектирования структуры БД, общих для MES и ERP. Другой подход к реализации модели состоит в использовании ее для определения структуры сообщений или файлов, используемых для обмена информацией. В рамках такого подхода международная ассоциация специалистов в области рецептурного производства WBF (World Batch Forum, с августа 2012 г. входит в состав MESA International) разработали набор XML-схем, получивший название B2MML (Business to Manufacturing Markup Language). Например, для пе-

редачи информации о термопластавтомате Krauss-Maffei 35CX-180 с усилием смыкания 350 кН и объемом впрыска 59 см^3 может использоваться XML-файл, показанный на рис. 4. Тег <EquipmentProperty> в B2MML позволяет определить произвольное число свойств для каждой единицы оборудования [1].

Спецификация B2MML является открытой и доступна для загрузки с сайта WBF, так что вполне возможно добавить поддержку B2MML в любую информационную систему.

Модели, аналогичные представленной на рис. 3, разработаны также для представления информации о персонале и материалах, необходимых для производства. Однако для работы процедуры составления производственного расписания нужны также данные о том, как все эти ресурсы будут использоваться при производстве, то есть необходимо описание ТП. В представлении ISA-95 ТП состоят из сегментов процесса. Понятие сегмента процесса примерно соответствует понятию технологической операции, однако помимо описания собственно операции, сегмент процесса содержит данные о необходимых для ее выполнения ресурсах: оборудовании, персонале и материалах. Модель сегмента процесса приведена на рис. 5.

Как видно, модель сегмента процесса также содержит средства для описания связи между отдельными сегментами, что позволяет формировать описание ТП из отдельных сегментов.

Вышеописанные модели позволяют передать на уровень MES всю информацию, необходимую для начала производства. То, что происходит с этой информацией внутри MES, рассматриваться не будет, так как на взаимодействие с ERP эти процессы никак не влияют. На уровень ERP необходимо передать информацию о результатах производства, для чего используется модель производительности (рис. 6).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
- <EquipmentClass>
    <ID>KM35CX180</ID>
    <Description>Krauss-Maffei 35CX-180</Description>
  - <EquipmentProperty>
      <ID>ClampPress</ID>
      <Description>Clamp Pressure</Description>
    - <Value>
        <ValueString>350</ValueString>
        <DataType>integer</DataType>
        <Units>kN</Units>
      </Value>
    </EquipmentProperty>
  - <EquipmentProperty>
      <ID>InjVol</ID>
      <Description>Injection Volume</Description>
    - <Value>
        <ValueString>54</ValueString>
        <DataType>integer</DataType>
        <Units>cm3</Units>
      </Value>
    </EquipmentProperty>
</EquipmentClass>
```

Рис. 4. Использование B2MML для передачи информации об оборудовании

Данные о производстве – данные, характеризующие выпущенную партию продукции, такие как номер производственного заказа, состояние производственного заказа (закончен или не закончен, дата окончания), информация о качестве и отклонениях от режима в ходе производства и т. д. Фактически использованное оборудование – это данные о том, какие единицы оборудования использовались на самом деле при выполнении данного сегмента процесса. В качестве свойств оборудования могут выступать: фактическое время работы оборудования в ходе выполнения сегмента, состояние оборудования после завершения выполнения сегмента (доступность, очистка, наладка), настройки оборудования, используемые в данном сегменте и т. д. Аналогичная информация передается и для сотрудников, принимавших участие в производстве, и для фактически использованных материалов, и для выпущенных материалов или изделий. Таким образом, на уровень ERP передается вся информация о результатах производства, нужная для учета выпуска продукции и использования ресурсов.

В данном случае предположили, что составление производственного расписания производится на уровне MES, поэтому с уровня ERP передаются только сведения о ресурсах, а обратно – информация об их использовании для производства. Если же планирование выполняется на уровне ERP, то для передачи информации о производственном расписании на уровень MES может использоваться соответствующая информационная модель – модель расписаний.

Реализация хранилища данных на основе ISA-95

В качестве примера системы хранения производственных данных, полностью соответствующей содержанию ISA-95, можно привести систему Easy95 ODS (Operational Data Suite), разработанную компанией Ninety-Five (Бельгия, www.ninety-five.com). Фактически данная система представляет собой «чистую» реализацию стандарта: в ней доступны все перечисленные информационные модели. Структура системы показана на рис. 7.

Easy95 ODS предоставляет сторонним приложениям уровень абстракции для доступа к СУБД. То есть любая система, поддерживающая язык B2MML, может с помощью соответствующего Web-сервиса запросить данные об оборудовании, персонале, производственном расписании, результатах производства, не заботясь о том, какая СУБД используется и в каких таблицах хранятся

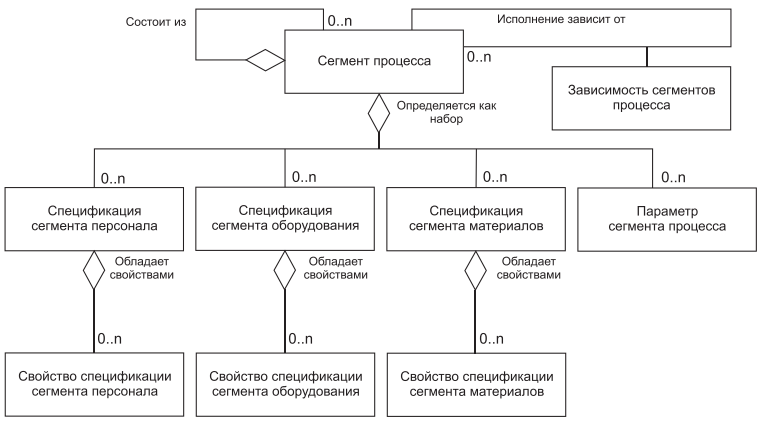

Рис. 5. Модель сегмента процесса (Process Segment Model) в ISA-95

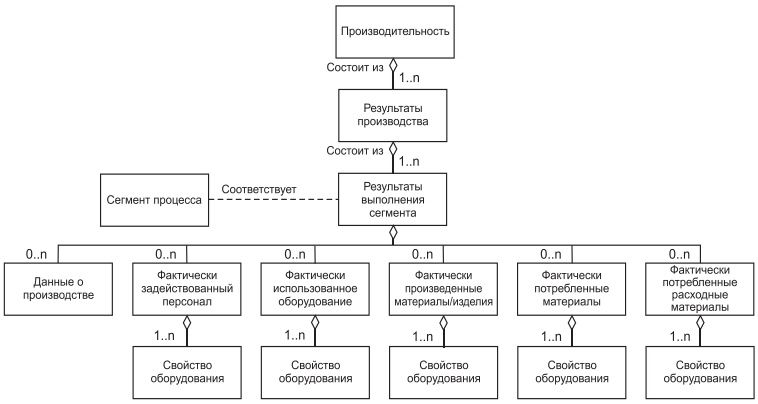

Рис. 6. Модель производительности (Production Performance Model) в ISA-95

данные. В состав системы входят также средства обмена данными с системами управления на основе современного стандарта OPC UA (Unified Architecture). Данный стандарт был разработан как расширение известных стандартов OPC UA, OPC HAD и OPC AE с целью отказа от эксклюзивного использования технологий COM/DCOM при организации обмена данными. В настоящее время стандарт используется все чаще.

В качестве основного инструмента разработчика хранилища данных может выступать любой Web-браузер, так как доступ к структурам данных выполняется посредством входящего в систему Web-сервера (Apache TomCat). Разработчик может определять классы оборудования, персонала и материалов, описывать сегменты процесса и составлять из них ТП, задавать процедуры проверки характеристик оборудования, формировать структуры для хранения производственных расписаний и отчетов о производстве и т.д. (рис. 8). При этом создаются или модифицируются соответствующие таблицы в БД. В стандартной поставке Easy95 ODS поддерживает Microsoft SQL Server и PostgreSQL, однако возможна работа и с другими СУБД.

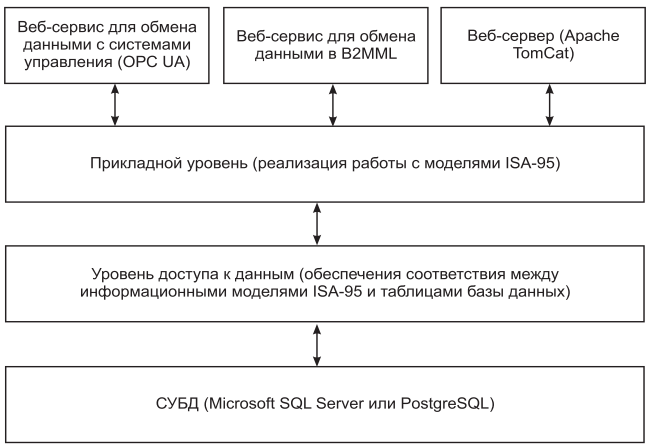

Рис. 7. Структура системы Easy95 ODS

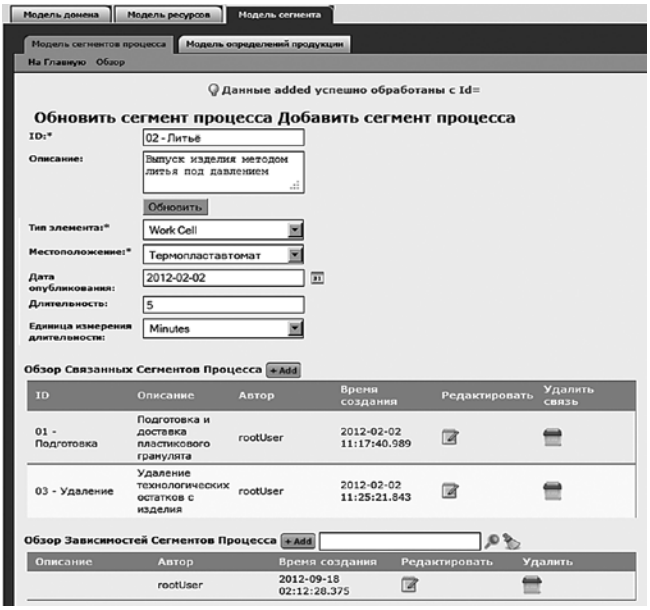

Рис. 8. Пример работы с системой Easy95 ODS

Следует отметить, что Easy95 ODS не предназначена для работы с ней конечного пользователя. Информация, хранимая в системе, становится доступной всем системам управления производством, поддерживающим B2MML, так что пользователь работает с данными, хранящимися в Easy95 ODS с помощью таких систем.

Easy95 ODS – не единственная система, поддерживающая ISA-95. В разработке стандарта принимали участие ведущие разработчики и поставщики информационных систем, используемых в управлении производством (SAP, Honeywell, ABB, Rockwell Automation и др.), поэтому системы, выпускаемые данными компаниями, стандарт поддерживают. Кроме того, открытость стандарта и наличие готовой реализации концепций стандарта (B2MML) делают его все более популярным.

Список литературы

1. *Козлецов А.П., Решетников И.С.* Современные способы организации обмена данными с системами управления//Информационные технологии в проектировании и производстве. 2010. № 2.
2. *Решетников И.С., Тупысев А.М. и др.* Стандарты интеграции многоуровневых информационных систем//Автоматизация в промышленности. 2009. № 9.
3. ISA-95 Implementation Experiences. Momentum Press, LLC. 2011.
4. *Козлецов А.П., Решетников И.С.* Что информационные технологии могут дать производителям пластмассовых изделий // Rational Enterprise Management. 2012. №2.

Козлецов Алексей Павлович *– канд. техн. наук, руководитель сектора автоматизации производственных процессов ООО «Компания «ТЕРСИС»,* ***Решетников Игорь Станиславович*** *– канд. техн. наук, руководитель российской рабочей группы MESA International.*
Контактные телефоны: (929) 927-02-91, (916) 671-19-74.
E-mail: a.kozletsov@tersys.ru i.reshetnikov@mesarussia.ru