

оценивается не по показателям, снимаемым с тензометрических датчиков, а посредством интерпретации силового момента, получаемого с контроллера привода. Такая постановка позволяет оставить неизменным предложенный выше алгоритм расчета и прогнозирования. По результатам работы зарегистрирована заявка на изобретение.

Заключение

Подсистема прогнозирования износа режущего инструмента, разработанная на основе алгоритмов контроля инструмента и прогнозирования его остаточной стойкости, позволяют сохранить заданную размерную точность детали и шероховатость обработки и существенно

снизить процент брака, получаемого при выходе из строя инструмента до окончания обработки поверхности детали (до завершения технологического перехода).

Список литературы

1. Синопальников В.А., Григорьев С.Н. Надежность и диагностика технологических систем. М.: Высшая школа. 2005.
2. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления. М.: Логос. 2005.
3. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Григорьев А.С. Специфика разработки программного обеспечения для систем управления технологическим оборудованием в реальном времени // Т-Comm. 2009. Июль. Спецвыпуск.
4. Синопальников В.А. Контроль и прогнозирование состояния инструмента при чистовой обработке // Комплект: ИТО. 2007. № 9.

Мартинова Лилия Ивановна — канд. техн. наук, доцент,

Григорьев Антон Сергеевич и Соколов Сергей Владимирович — аспиранты МГТУ "Станкин".

Контактный телефон (499) 972-94-40. E-mail: liliya-martinova@yandex.ru

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КОРПОРАЦИЙ

Е.И. Артамонов, Т.А. Ничипорович (ИПУ РАН)

Показана возможность использования особенностей CALS-технологии для создания виртуальных производственных корпораций (ВПрК). Представлен новый метод структурного проектирования, пригодный для синтеза нескольких вариантов структур функционирования ВПрК и выбора наилучшего из них. Принципы организации информационной системы управления ВПрК рассмотрены на примере распределенной системы управления процессами проектирования конструкторской документации, подготовки информации для станов с ЧПУ и решения ряда специализированных расчетных задач.

Ключевые слова: методы структурной организации, виртуальные производственные корпорации, виртуальные производства, CALS – технологии, модель, локальный алгоритм¹.

Введение

В начале 90-х годов XX века появилось понятие CALS (Continuous Acquisition and Life-Cycle Support) — технология непрерывного компьютерного сопровождения изделия на всех этапах его жизненного цикла от маркетинга до утилизации [1].

Отличительные особенности CALS – технологии:

1. На всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) изделия создается электронная документация.
2. Для всех этапов ЖЦ создается и используется единая обобщенная модель изделия.
3. Разработаны и используются международные стандарты на форматы и структуры данных по обмену информацией об изделии.
4. Осуществляется параллельная и территориально распределенная работа над создаваемым изделием. Предполагается, что под весь ЖЦ изделия создается некоторая структура соисполнителей (со своими интеллектуальными и производственными ресурсами), наилучшим образом приспособленная для реализации проекта, то есть "наилучшая" по набору критериев таких, как сроки реализации каждого из этапов, стоимость, качество и т.п. С учетом использования новых информационных технологий эти структурные образования могут быть территориально распределены и связаны между собой только через глобальную информацион-

ную сеть. Такую структуру принято называть "виртуальной производственной корпорацией" (ВПрК), состоящей из определенного набора виртуальных предприятий (ВПр). Под ВПрК понимается временная межпроизводственная кооперация ряда юридически независимых предприятий, которая создается в короткий срок и функционально взаимодействует на основе современных информационных технологий [2].

На рис. 1 приведен пример структуры ВПрК, показана возможная функциональная декомпозиция на отдельные ВПр, относящиеся к классам: заказчиков, поставщиков комплектующих изделий, разработчиков 2D и 3D геометрических моделей, технологической подготовки и производства конечного продукта. В классах выделены конкретные функции, которые могут быть реализованы одним или несколькими ВПр.

Далее остановимся на методах выбора лучшей структурной организации ВПрК и рассмотрим основные принципы построения информационных систем управления этими корпорациями, реализованных на средствах глобальной сети Internet.

Методы структурной организации ВПрК

Формализованные методы структурной организации ВПрК позволяют ускорить процесс их создания, улучшить эксплуатационные характеристики и обеспечить проведение НИР в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009 - 2013 гг.

¹ Работа выполнена по Госконтракту № 02.740.11.0488 педагогические кадры инновационной России" на 2009 - 2013 гг.

печить передачу знаний по принципам их построения. Эти методы включают процедуры формальной генерации возможных вариантов построения ВПрК, их анализа, обоснования и выбора лучшего варианта, а также процедуры регенерации структур, перепроектирования, кодификации и создания руководств по эксплуатации [3].

Методы структурного проектирования базируются на понятиях анализа и синтеза, а также на предпочтениях, акцентах и последовательностях использования этих понятий разработчиками различных методов. Примерами методов, в которых в большей степени используется анализ структур организационных систем, генерируемых проектировщиками вариантов, являются технологии IDEF (Integrated DEFinition) [4], ARIS [5], универсальный язык моделирования UML [6]. Эти методы на основе знаний алгоритмов функционирования ВПрК определяют правила описания их структур в виде набора взаимосвязанных блоков, позволяют анализировать эти структуры и информационные потоки в них, а также документировать все процессы, происходящие в таких структурах. Методы используют операции декомпозиции алгоритмов функционирования ВПрК на минимальные неделимые части. Эти части будем называть локальными алгоритмами (ЛА), а их реализацию в виде производственной структуры – локальной структурой (ЛС).

Перечисленные методы имеют ряд недостатков:

- практическое игнорирование при декомпозиции организационной сложности объектов информации в структурах ВПрК, например, структур данных потоков информации, структур производственных единиц и участков;
- отсутствие каких-либо средств систематизации реализаций типовых операций в алгоритмах функционирования ВПрК;
- отсутствие методов формализованной генерации вариантов комплексов и систем на уровне структур алгоритмов;
- отсутствие формального определения минимальной неделимой части проектируемого комплекса – ЛС, на которые может производиться декомпозиция систем.

В ИПУ РАН разработан новый метод синтеза структур организационных систем, лишенный указанных недостатков [7, 9]. Метод включает описание алгоритма функционирования ВПрК, операции со структурой алгоритма по разделению (декомпозиции) на локальные алгоритмы (ЛА) и последовательному объединению ЛА в смысле реализации их в виде конкретной структурной организации (локальной структуры ЛС). Каждая реализация ЛС обладает своими качественными характеристиками: стоимостью, временем и качеством выполнения операций алгоритма ВПрК. На основе этих операций строится обобщенная структурная модель (ОСМ), по которой происходит сравнение и выбор лучшей реализации

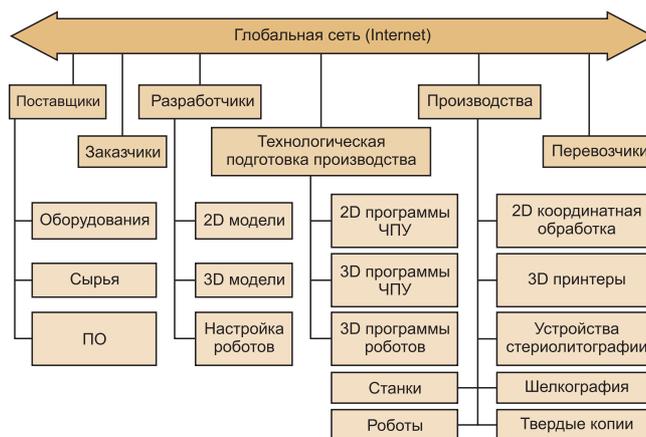


Рис. 1. Пример структуры виртуальной производственной корпорации

ВПрК. Рассмотрим особенности метода более подробно.

Предполагается, что ВПрК работает по заданному алгоритму функционирования $E = \{P, O, \Gamma\}$, характеризующемуся параметрами:

- P – множество объектов информации, поступающих в процессе функционирования ВПрК по входам/выходам и связям между отдельными частями ВПрК (примерами объектов информации могут быть: потоки данных, инструменты, станки, информационные, технологические и производственные системы);
- O – множество операций над объектами информации (например, преобразования структур данных, перемещения и хранение инструментов, комплектующих и т.п.);
- Γ – множество связей между объектами информации.

Множество объектов информации $P = \{A, \Phi, \Delta\}$ в свою очередь характеризуется параметрами:

- A – множество способов внутренней организации объектов информации (например, кодирования информации, оценки стоимости объектов и операций, оценки конструктивных особенностей и т.п.);
- Φ – множество форм внешнего представления объектов информации (например, форм передачи/приема информации, форм внешнего согласования и взаимодействия предметов, деталей, узлов и систем);
- Δ – множество степеней детализации внутреннего представления объектов информации (например, точности представления информации, точности обработки деталей, уровня внутреннего представления предметов, узлов, агрегатов и систем).

Под "локальным алгоритмом" подразумевается сильно связанная часть общего алгоритма функционирования ВПрК с последовательным выполнением операций над объектами информации при $A = const$ и $\Delta = const$.

Сформулированы правила первоначального разделения общего алгоритма функционирования ВПрК на ЛА и их последующего объединения в самостоятельные структурные единицы. После каждого объединения ЛА образуется новый набор вариантов структур. Одному

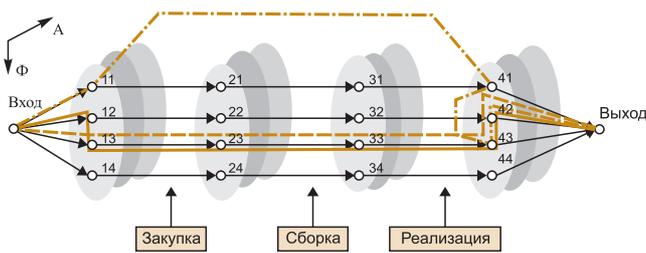


Рис. 2. Пример фрагмента обобщенной структурной модели ВПрК

ЛА всегда соответствует набор блоков — локальных структур (ЛС), реализующих этот алгоритм.

Технология выбора лучшей структурной организации ВПрК основана на предварительной систематизации базовых типовых решений по возможным формам внешнего представления объектов информации для всех ЛА. На основе общей структуры алгоритма с использованием систематизации базовых реализаций строится обобщенная структурная модель вариантов реализации ВПрК, представленная в виде ориентированной сети, вершинами которой является множество Φ , дугами — показатели качества реализации операций, например, стоимость и время выполнения операции, занимаемые изделием объемы и т.д. В ОСМ указывается не только один вариант реализации системы, но и другие максимальные возможные варианты. Задача выбора лучшей структуры ВПрК сводится к алгоритму определения кратчайшего пути в сети.

В общем виде фрагмент ОСМ можно представить многослойной сетью (рис. 2). В первом слое сети представлена ее структура, включающая вершины и дуги. В других слоях эта структура повторяется (на рисунке не изображена). Вершины, объединенные овалом, представляют собой полный подграф, то есть в подграфе каждая вершина связана со всеми другими. Разные слои соответствуют разным постоянным значениям параметров A или Δ . Связь между слоями осуществляется через поперечные дуги, соединяющие вершины овалов.

Допустим, что предполагается собрать из комплектующих деталей некоторый продукт и продать его на рынке. Последовательность выполнения операций алгоритма функционирования от вершины "вход" до вершины "выход" выглядит следующим образом: закупка комплектующих, сборка, реализация конечного продукта на рынке. В этом случае формы представления Φ_i товара (комплектующих, полуфабрикатов и конечного продукта) на разных стадиях функционирования могут соответствовать типу исполнителя, что на рисунке соответствует вершинам сети. Вершины обозначены двумя цифрами: первая определяет номер операции алгоритма, вторая — тип исполнителя. При этом типы исполнителей 1 — 4 соответствуют разным ВПр, выполняющим одинаковые функции. Естественно, каждое ВПр имеет свои специфические характеристики такие, как число сотрудников, их квалификация, объем и характеристи-

ка станочного оборудования и т.п. Все ВПр потенциально могут быть связаны друг с другом, что обозначено на рисунке овалами.

Проанализируем отдельные пути в сети ОСМ. Путь "вход-12-13-23-33-43-42-выход" (сплошной коричневый) соответствует изготовлению комплектующих предприятием ВПр2, продаж их ВПр3, сборке изделия на ВПр3 и реализации изделия на рынке через ВПр2. Путь "вход-13-23-33-43-41-выход" (пунктирный коричневый) отображает производство комплектующих и конечного продукта силами ВПр3 и продажу его, например, за рубежом через ВПр1.

Следует заметить, что другие слои сети ОСМ в примере могут отражать условия бизнеса в другом государстве и другую используемую валюту, тогда ветвь сети "вход-11-21-31-41" должна располагаться на втором слое, а преобразование "41-43" предполагает обратный переход со второго слоя на первый.

Следующим характерным вариантом построения ВПрК является путь в сети ОСМ, отмеченный коричневым штрихпунктиром. Этот путь обходит вершины 21, 31 стороной (то есть работы по сборке не выполняются — соответствующие дуги имеет нулевые значения), что означает "челночный бизнес" — из-за рубежа ввозится собранное изделие и продается на российском рынке.

Из рассмотренного примера следует, что ОСМ полезна не только для выбора одной лучшей структуры ВПрК, но и показывает возможные альтернативные варианты, на которые должно перестраиваться или параллельно работать ВПрК из-за изменения законодательства, конъюнктуры на рынке, предпочтений и т.п.

Принципы построения информационных систем управления ВПрК

В апреле 2009 г. МГТУ "Станкин" (www.ncsystems.ru/gu/NOC) совместно с ИПУ РАН (lab18.ipu.ru) создали Научно-образовательный центр (НОЦ) в области компьютерного моделирования и управления технологическими системами. Концепция создания НОЦ провозглашает объединение академической и прикладной науки с производством в целях обеспечения выпуска конкурентоспособной высокотехнологичной, наукоемкой отечественной продукции. В настоящий момент коллектив НОЦ работает над созданием многофункциональной распределенной системы управления промышленного назначения, базирующейся на новейших информационных технологиях.

Пользователь, входя через Internet в пул свободных производственных мощностей, размещает свой заказ на производство продукции [8]. К выполнению заказа приступают удаленные друг от друга разработчики, которые в режиме параллельного проектирования взаимодействуют посредством распределенной системы управления (рис. 3) [9]. Система включает средства для связи с пользователями в Internet и в локальной сети, серверы прикладных систем, Web-браузеры клиентов; функционирует в ОС Windows NT

Server 4.0 с Web-сервером Microsoft Internet Information Server 4.0. Удаленный пользователь работает с системой проектирования через интерфейс удаленного доступа на основе Web-страниц. Серверное приложение поддерживает также функции удаленного администрирования.

В зависимости от характера запроса приложение, выполняемое на Web-сервере, осуществляет доступ к файловой системе и/или к БД проектов. В частности, удаленный пользователь регистрируется в системе и получает в пользование индивидуальный каталог, в котором он может создавать и редактировать файлы, собственные библиотеки, сохранять сценарии и результаты их выполнения. Доступ к этому каталогу производится по индивидуальному паролю. Результат работы системы удаленный пользователь получает в виде динамически сформированной Web-страницы или в виде файла в формате HPGL или GERBER, который может быть отображен в окне Web-браузера или использован для программирования графопостроителя, а также файлов в формате ISO-bit для программирования станков с ЧПУ.

Серверы прикладных систем могут располагаться в различных организациях. Каждая прикладная система состоит из головного модуля управления и ряда исполнительных модулей, имеет собственные специализированные библиотеки, файлы конфигурации и режима удаленного доступа, а также БД проектов, в которые вносится информация о зарегистрированных пользователях, производимых ими работах и др.

Готовая модель изделия согласовывается с заказчиком и по сети передается для проведения дальнейших работ следующему участнику ВПрК, в данном случае – МГТУ "Станкин".

Заключение

Современные информационные технологии стали проникать и в отечественную промышленность, особый интерес представляет предварительное моделирование структурной организации промышленных производств и создание обобщенных структурных моделей, на которых можно видеть возможные варианты реализации производственных корпораций.

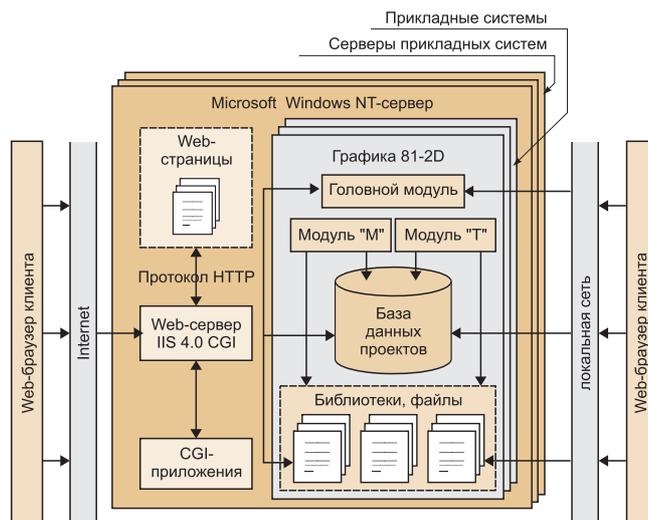


Рис. 3. Структура информационной системы управления ВПрК

Список литературы

1. *Норенков И.П.* CALS-стандарты // Информационные технологии. 2002. № 2.
2. *Schuh G., Millarg K., Goransson A.* Virtuelle Fabrik: neue Marktchancen durch dynamische Netzwerke. Munchen, Wien: Carl Hanser Verlag, 1998.
3. *Артамонов Е.И., Макаров В.* Анализ и синтез архитектуры сложных программных систем // Приборы и системы. 2000. № 7.
4. *Черемных С.В., Семенов И.О., Ручкин В.С.* Структурный анализ систем: IDEF – технологии. М.: Финансы и статистика. 2003.
5. Инструментарий ARIS: методы. М.: Весть-метатехнология. 2000.
6. *Буч Г. и др.* Язык UML. Руководство пользователя. Пер. с англ. М.: ДМК. 2000.
7. *Артамонов Е.И., Хачумов В.М.* Синтез структур специализированных средств машинной графики. М.: МЦНТИ. 1991.
8. *Григорьев С.Н., Мартинов Г.М.* Перспективы развития распределенных гетерогенных систем ЧПУ децентрализованными производствами // Автоматизация в промышленности. 2010. №5.
9. *Артамонов Е.И., Марковский А.В., Шипилина Л.Б.* Организация работы пользователей САПР в Internet // Автоматизация проектирования. 1998. №4 (10).

*Евгений Иванович Артамонов – д-р техн. наук, проф., зав. лаб.,
Татьяна Александровна Ничипорович – научный сотрудник
Института проблем управлением им. В.А. Трапезникова РАН.*

Контактные телефоны (495) 334-93-50, 334-91-29. E-mail: eiart@ipu.ru

Компания Р.В.С. создаст проект АИИС КУЭ многоквартирных домов Иркутской области

В настоящее время расчеты за электроэнергию осуществляются по нормативам потребления, а неправильное функционирование приборов учета (неисправность счетчиков, измерительных трансформаторов, их физический износ и несоответствие требуемому классу точности, неправильный подбор измерительных трансформаторов и т.д.) наносит финансовый ущерб электросетевой организации. В результате отсутствия общедомового учета электроэнергии невозможно выставление счетов за полный объем электроэнергии, отпущенный всем потребителям жилого дома, в том числе на общедомовые нужды и потери во внутридомовых сетях.

Специалисты Р.В.С. в рамках проекта осуществят предпроектное обследование, составят техническое задание и представят технический проект на создание автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого общедомового учета электрической энергии (АИИС КУЭ) в многоквартирных домах жилого фонда потребителей. АИИС КУЭ будет представлять собой двухуровневую систему учета и позволит собирать данные по 6392 точкам учета электроэнергии. Связь для передачи данных от счетчиков на серверный уровень будет осуществляться посредством GPRS-связи. Заказчиком проекта выступил ГУЭП "Облкоммунэнерго".

[Http:// www.rvsc.ru](http://www.rvsc.ru)