



Экономические критерии при проектировании архитектуры производственных систем



Жанна МАЛИНОВСКАЯ
Zhanna V. MALINOVSKAYA

Александр ПОПОВ
Alexander P. POPOV



Малиновская Жанна Владимировна – кандидат экономических наук, доцент Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Попов Александр Петрович – кандидат технических наук, доцент МИИТ, Москва, Россия.

Economic Criteria in Designing Production Systems Architecture

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 149)

Рассматривается архитектура автоматизированных интегрированных производственных систем, дается ее определение как структурно-функциональной модели. Приводятся обоснования показателей экономической эффективности производственных систем. Показывается связь архитектуры с понятием открытой системы. Демонстрируется подход к проектированию систем, основанный на функциональной структуризации. Разрабатываются экономические критерии, анализируется качество системного управления с точки зрения минимизации затрат жизненного цикла изделия.

Ключевые слова: экономика, проектирование, архитектура интегрированных производственных систем, экономическая эффективность, структурно-функциональная модель, композиция, объект-ориентированный подход, автоматизация.

Под архитектурой технической системы (в данном случае автоматизированной ИПС – интегрированной производственной системы) понимается структурно-функциональная модель, описывающая:

- состав системы (элементы: подсистемы, уровни, компоненты);
- функции элементов;
- связи и взаимодействие (интерфейсы) элементов;
- правила композиции элементов.

При проектировании структурно-функциональной модели производственной системы следует учитывать определённые экономические критерии, разработка которых усложняется неопределённостью внешней среды. Система должна быть экономически эффективной и при этом удовлетворять критериям качества, обусловленным требованиями рынка. Необходимо отметить, что, как правило, под архитектурой понимается не всякая структурно-функциональная модель, а лишь та, в которой внутрисистемные интерфейсы имеют достаточно точное (по крайней мере, исключающее неоднозначность понимания) описание [1–3].

Архитектура, вообще говоря, не определяет средств реализации, в частности, она не

отображает функций на аппаратную конфигурацию (ЭВМ, аппаратуру связи и т. д.).

Другой особенностью архитектуры является то, что каждая выделяемая при декомпозиции подсистема имеет вполне определенное функциональное назначение. Более того, уточнение функции достигается с помощью описания интерфейса подсистемы, то есть полного набора ее связей (материальных, информационных, алгоритмических и т. д.) с объемлющей системой, а точнее — с другими системами. Фактически описание интерфейса подсистемы отражает ее внешнее поведение, в то время как внутренние механизмы реализации этого поведения не рассматриваются (на принятом уровне детализации).

Таким образом, архитектура определяет модель множества реальных систем, имеющих различную реализацию, но эквивалентных в том смысле, что они построены из одного набора компонентов по одинаковым правилам, полностью отвечающих описаниям интерфейсов. Следовательно, любой компонент в системе, имеющей данную архитектуру, может допускать множество реализаций при том условии, что каждая реализация не нарушает правил организации взаимодействия отдельно взятого компонента с объемлющей системой (или с другими ее компонентами).

Подобный подход к проектированию систем, основанный на функциональной структуризации, обладает следующими преимуществами:

- особое внимание уделяется функциональному описанию системы, которое является наиболее ответственным при проектировании объектов, имеющих сложное поведение;

- каждая функция выделяется как самостоятельная лишь в том случае, когда возможно ее определение через четкое описание внешнего поведения компонента, реализующего данную функцию; это условие обеспечивает строгость описания системы на каждом уровне детализации, способствуя в конечном счете улучшению качества проекта;

- определяются предпочтительные варианты реализации системы, в которых граница между «реальными» подсистемами проходит по границе между подсистемами, выделенными в структурно-функциональной

модели; при таком подходе реализация сохраняет логическую структуру, что повышает ее «понятность» и облегчает в дальнейшем обучение и сопровождение;

- уже на более ранней стадии обеспечивается возможность распараллеливания работ по проектированию и реализации системы;

- облегчаются стыковка компонентов и комплексная отладка системы при наличии четких требований к взаимодействию подсистем и компонентов;

- имеет потенциал система развития за счет возможности улучшения реализации, а также удаления/добавления отдельных элементов при соблюдении их системных интерфейсов; причем коррекции всегда носят «локальный» характер: изменение внутреннего механизма функционирования отдельного компонента при сохранении его внешнего поведения не нарушает целостности системы.

Примером архитектуры сложной технической системы может служить эталонная модель соединения открытых систем, описывающая принципы иерархически-модульного построения сетей ЭВМ [4–6]. Понятие архитектуры, введенное выше, тесно связано с понятием открытой системы [7,8].

В классическом понимании система считается открытой, если она имеет неустранимые связи (материальные, энергетические, информационные) с внешней средой, или, что то же самое, связи, наличием которых нельзя пренебречь.

Подобное определение является слишком общим и недостаточно конструктивным при анализе организационно-технических систем. Поэтому мы введем другое определение. Будем считать систему открытой, если выполнены следующие условия:

- 1) определено назначение (функция) системы;

- 2) имеется конечный набор связей и правил взаимодействия системы с внешней средой (внешний интерфейс);

- 3) функция системы полностью определяется ее внешними связями;

- 4) определен конечный набор точек доступа, через которые осуществляется взаимодействие (обмен) с внешней средой.

Набор условий в определении не уточняет природы самой системы, ее внешних связей и точек доступа. Внешний интерфейс выступает в качестве аналога каналов, а точ-



ки доступа — в качестве аналогов контактов. Таким образом, открытая система — это, по существу, функциональный блок, который по правилам, полностью диктуемым его внешним интерфейсом, может сопрягаться с другими блоками или встраиваться в системы.

Допуская вольность речи, можно сказать, что «открытые» внешние связи надо «замкнуть», чтобы система «заработала». Соответственно, «открытость» означает просто, что система открыта для использования (выполнения своей функции) в любом контексте — лишь бы были удовлетворены требования ее внешнего интерфейса.

Важно подчеркнуть, что внешний интерфейс полностью определяет функционирование открытой системы. При этом условия внутреннего ее устройства не имеют значения, так что любые две открытые системы с одинаковым внешним интерфейсом являются функционально эквивалентными, замена одной из них на другую в объемлющей системе не приведет к изменению функционирования последней.

Понятие внешнего интерфейса становится особенно наглядным, если связи трактовать как обмен объектами той или иной природы (например, материальными предметами, электрическими сигналами, информационными сообщениями и т. д.). В этом случае правила взаимодействия определяют процедуры обмена, а сама функция системы трактуется как преобразование объектов, участвующих в обмене.

С открытой системой можно связать какие-либо характеристики (показатели, критерии) функционирования (внешнего поведения). Изменяя внутреннее устройство (реализацию), можно ухудшить или улучшить ее показатели, но она, тем не менее, будет выполнять по-прежнему свою определенную внешним интерфейсом функцию.

Содержательно под производственной системой понимается целостная структурная единица, предназначенная для выпуска определенной продукции в пределах своих технологических возможностей при условии обеспечения необходимыми ресурсами.

Имея в виду задачу создания производства с регулярной структурой, мы дадим другое определение. Под производственной системой (ПС) будем понимать открытую систему, функция которой состоит в целе-

направленном преобразовании свойств материальных объектов на основании информации и команд, поступающих извне.

ПС выступает для объемлющей системы как «обобщенное» технологическое оборудование, внутреннее устройство и механизмы функционирования которой от нее скрыты.

Таким образом, чтобы определить ПС, необходимо задать:

- а) технологические возможности (функцию);
- б) набор объектов, участвующих в обменах с внешней средой;
- в) набор правил, регламентирующих эти обмены;
- г) набор точек доступа, через которые проходят потоки объектов.

В дополнение к ним возможны параметры реализации, показатели функционирования типа производительности, надежности и т. д. Для производственных систем могут быть выделены, к примеру, следующие виды связей, формирующих внешний интерфейс:

— технологический интерфейс, определяющий возможности обработки, а также свойства и параметры преобразуемых объектов (заготовок) и всех ресурсов, нужных для работы (инструмент, оснастка и т. д.);

— механический интерфейс, определяющий способ подачи материальных объектов внутрь ПС и выдачи их обратно;

— организационный интерфейс, идентифицирующий среду, в которой функционирует ПС;

— информационный интерфейс, отражающий содержание, форму построения и процедуры обмена информацией с внешней средой;

— коммуникационный (сетевой) интерфейс, показывающий средства и возможности передачи информации;

— пользовательский интерфейс, демонстрирующий средства и возможности персонала по управлению производственной системой;

— интерфейс инфраструктуры, определяющий подключение к системе жизнеобеспечения (энергоснабжение, канализация, подача воздуха, СОЖ и т. д.).

При детальном анализе не исключены расширение состава и дополнительная структуризация указанных интерфейсов.

Для каждого из них могут быть определены и свойственные им виды точек доступа.

По определению, открытые ПС предназначены для сопряжения с другими открытыми системами. В качестве последних способны выступать (также открытые) управляющие, транспортные, складские, коммуникационные и т. д. В результате могут образовываться ПС более высокого ранга. Сказанное иллюстрирует рис. 1.

Наоборот, каждую ПС можно трактовать как состоящую из набора открытых систем, скажем, технологической (обрабатывающей), транспортной, складской, контрольно-измерительной, управляющей.

И вообще возможны любые комбинации, удовлетворяющие требованию согласованности интерфейсов. Например, «закрывание» ряда производственных систем через транспорт, склад или, допустим, управление. Таким способом, в частности, реально получить произвольное число уровней в иерархии управления.

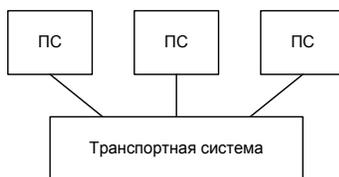
Фактически правила композиции определяются двумя факторами: функциональным назначением систем и их внешними интерфейсами.

Детальное определение видов открытых систем, из которых строятся производственные системы, а также их внешних интерфейсов, по сути, и становится задачей построения архитектуры ПС.

Создание архитектуры производственной системы может пониматься как задача построения набора функционально-ориентированных открытых систем и правил их композиции. Именно наличие четко выверенных правил композиции компонентов позволило бы говорить о регулярной структуре или регулярной процедуре формирования производственной системы. Разработка архитектуры, понимаемой таким образом, является сложной научно-технической задачей, требующей согласованных усилий многих исследовательских коллективов. И надо подчеркнуть, что разработка архитектуры зависит от решения задач разного, в том числе и более высокого концептуального уровня. Имеется следующая иерархия задач при создании интегрированной производственной системы:

– построение социально-экономической модели и определение принципов деятель-

а) "Закрывание" по транспорту



б) "Закрывание" по управлению



в) Вторичное "закрывание" по управлению

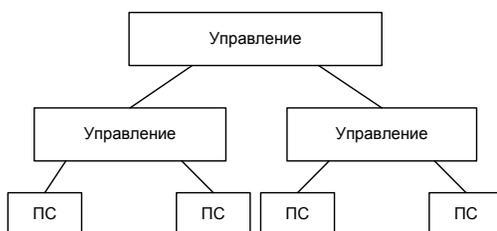


Рис. 1. Примеры композиции открытых систем.

ности современного предприятия в новых условиях;

- декомпозиция функций управления жизненным циклом изделия;
- определение оптимального уровня интеграции;
- обоснование организационной структуры производственной системы;
- построение архитектуры ПС;
- выбор способов решения частных задач управления;
- определение оптимального уровня автоматизации;
- внутреннее проектирование и оптимизация параметров подсистем и компонентов производственной системы;
- реализация ПС в виде организационно-технического комплекса;
- внедрение и модернизация производственной системы.

В научно-методологическом плане преследуется цель наметить подход к построению методики сквозного проектирования интегрированных производственных систем, начиная с общей концепции и кончая реализацией отдельных их компонентов. Параллельно ведется поиск вариантов сокращения сроков и затрат на разработку программно-аппаратного обеспечения при



гарантированном уровне функциональных возможностей и качестве реализации проекта [11].

В качестве основного метода исследований используется структурно-функциональная декомпозиция — выделение какого-либо класса открытых систем и определение правил их взаимодействия (композиции). При этом главенствует методологический приоритет — упорядочение концептуальной и терминологической базы исследуемой предметной области и создание тем самым предпосылок для перехода на необходимый уровень строгости описания, допускающий автоматизированную обработку в рамках объектно-ориентированного подхода [9].

В основе обозначенного подхода лежат понятия класса и объекта, структура, параметры и правила взаимодействия которых с внешней средой могут быть описаны в терминах формального языка. Классы предназначены образовывать иерархию типа «древа», так что объекты одного класса наследуют все свойства объектов тех классов, что лежат на пути к вершине, представляющей некий максимальный уровень. При таком раскладе появляется возможность описания классов абстрактных объектов с произвольными отношениями между ними. Эти отношения представляются:

- иерархией классов (концептуальная схема);
- правилами конструирования объектов, т. е. включения одних объектов в состав других (структурная схема);
- правилами взаимодействия, обмена сообщениями (процедурная схема).

В методологическом и практическом плане чрезвычайно важно то обстоятельство, что объектно-ориентированный язык может служить одновременно языком спецификаций и языком реализации, а это существенно облегчает разработку и сопровождение крупных программных систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автоматизация интегрированного производства предъявляет высокие требования к экономической эффективности управления, а потому нельзя недооценивать вопрос

формирования экономических критериев и детального описания управляемого объекта. По существу, речь идет о построении семейства концептуальных моделей специфической предметной области на уровне строгости, допускающем автоматическую (программную) интерпретацию. Именно с этой точки зрения применение методов объектно-ориентированного подхода представляется чрезвычайно перспективным.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 54136—2010 Системы промышленной автоматизации и интеграция. Руководство по применению стандартов, структура и словарь. [Электронный ресурс]: <http://xn--dlaacilak1m.xn--plai/document/5142954?pid=1>. Доступ 23.08.2015.
2. Национальный стандарт Российской Федерации. Интеграция предприятия. Основа моделирования предприятия. ГОСТ Р ИСО 19439—2008.
3. ГОСТ Р ИСО 15704—2008. [Электронный ресурс]: http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_%D0%A0_%D0%98%D0%A1%D0%9E_15704—2008. Доступ 23.08.2015.
4. Национальный стандарт Российской Федерации. Промышленные автоматизированные системы. Концепции и правила для моделей предприятия. ГОСТ Р ИСО 14258—2008.
5. Бойков В. И., Болтунов Г. И. Мансурова О. К. Интегрированные системы проектирования и управления — СПб.: СПбГУ ИМТО, 2010. — 162 с.
6. Кузнецов С. Д. Проектирование и разработка корпоративных информационных систем. — Центр информационных технологий. — 1998. [Электронный ресурс]: <http://www.citforum.ru/cfin/prcorpsys/>. Доступ 23.08.2015.
7. Олифер В. Г., Олифер М. А. Компьютерные сети. — СПб.: Питер, 2005. — 865 с.
8. Бройдо В. Л. Вычислительные сети, сети и телекоммуникации. — СПб.: Питер, 2005. — 705 с.
9. Буч Г. и др. Язык UML. Руководство пользователя. — М.: ДМК Пресс, 2004. — 432 с.
10. Эрглис К. Э. Интерфейсы открытых систем. — М.: Горячая линия — Телеком, 2000. — 256 с.
11. Грэхем И. Н. Объектно-ориентированные методы. Принципы и практика. — М.: Вильямс, 2004. — 880 с.
12. Калачанов В., Кобко Л. Экономическая эффективность внедрения информационных технологий: Учеб. пособие. — М.: МАИ, 2014. — 180 с.
13. Скрипкин К. Г. Экономическая эффективность информационных систем. — М.: ДМК Пресс, 2002. — 250 с.
14. Муромцев Д. Ю., Муромцев Ю. Л., Тютюник В. М., Белоусов О. А. Экономическая эффективность и конкурентоспособность: Учеб. пособие. — Тамбов: Изд-во ТГТУ, — 2007. — 96 с.
15. Герасимов В. В., Минина Л. С., Васильев А. В. Управление инновационным потенциалом производственных систем: Учеб. пособие. — Новосибирск: НГАСУ, 2013. — 64 с.
16. Айнабек К. С. Теория общественного хозяйствования (Альтернатива экономической теории и экономики): Учебник. — Изд. 2-е, испр. и доп. — Караганда: КЭУК, 2014 — 608 с. ●

Координаты авторов: **Малиновская Ж. В.** — malin.o@mail.ru, **Попов А. П.** — rap60@bk.ru.

Статья поступила в редакцию 24.08.2015, актуализирована 14.12.2015, принята к публикации 18.12.2015.

ECONOMIC CRITERIA IN DESIGNING PRODUCTION SYSTEMS ARCHITECTURE

Malinovskaya, Zhanna V., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.
Popov, Alexander P., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

Architecture of integrated automated production systems is considered, its definition as a structural and functional model is given. The substantiation of economic efficiency indicators of production systems is provided. The relationship

of architecture with an open system concept is shown. An approach to design systems based on functional structuring is demonstrated. Economic criteria are developed; the quality of system management is analyzed in terms of minimizing product lifecycle costs.

Keywords: management, design, architecture of integrated production systems, economic efficiency, structural-functional model, composition, object-oriented approach, automation.

Background. Under technical system architecture (in this case, an automated IPS – an integrated production system) is understood structural-functional model, describing:

- System composition (elements: subsystems, layers, components);
- Functions of elements;
- Relations and interaction (interface) of elements;
- The rules of composition of elements.

When designing structural-functional model of a production system it is necessary to take into account certain economic criteria, development of which is complicated by uncertainty of external environment. The system should be cost-effective and meet quality criteria of, due to market requirements. It should be noted that, generally, the architecture does not mean any structural and functional model, but only one in which intersystem interfaces have sufficiently accurate (at least exclusive ambiguity understanding) descriptions [1–3].

Architecture in general, does not specify means of implementation, in particular, it does not display functions on hardware configuration (computers, communication equipment, etc.).

Another feature of the architecture is that each released during decomposition subsystem has a well-defined functionality. Moreover, function specification is achieved by describing subsystem interface, that is, a full set of its connections (material, information, algorithmic, etc.) with comprehensive system or rather, with other systems. In fact, the description of the subsystem interface reflects its external behavior, while internal mechanisms of realization of this behavior are not considered (at the accepted level of detail).

Thus, the architecture defines a model of the set of real systems having different implementation, but equivalent in the sense that they are constructed from the same set of components according to the same rules that are fully compliant with interface description. Therefore, any component in the system having this architecture, may allow multiple implementations with the proviso that each implementation does not violate the rules of the organization of interaction of individual components with comprehensive system (or other components).

Objective. The objective of the authors is to study economic criteria, which are applicable in the process of production system architecture creation.

Methods. The authors use general scientific methods, comparative analysis, economic evaluation.

Results. This approach to system design, based on the functional structuring, has following advantages:

- Emphasis is put on functional description of the system that is most responsible for design of objects with complex behavior;
- Each function stands out as an independent only when it is possible to define, through a clear description of external behavior, a component that implements this feature; This

condition provides description of system rigidity at every level of detail, helping to ultimately improve project quality;

- Preferred embodiments of the system are defined in which the boundary between «real» subsystems runs along the border between subsystems identified in the structural and functional model; with this approach, the implementation maintains logical structure that enhances its «clarity» and facilitates further training and support;
- Already at an earlier stage it is possible to parallelize design and implementation of the system;
- It facilitates docking of components and integrated debugging of the system with clear requirements for interoperability of subsystems and components;
- System development has potential due to the possibility of improving implementation, as well as removing / adding individual elements while respecting their system interfaces; and corrections are always «local» in nature: change in internal mechanism of the single component while maintaining its external behavior does not violate system integrity.

As an example of architecture of complex technical systems can serve a reference model for connection of open systems, describing principles of hierarchical modular construction of computer networks [4–6]. The concept of architecture, introduced above, is closely related to the concept of an open system [7,8].

In the classic sense the system is considered open if it has an unavoidable connection (material, energy, information) with external environment, or what is the same, connection, which presence cannot be ignored.

Such a definition is too general and insufficiently meaningful in the analysis of organizational and technical systems. Therefore, we introduce another definition. We consider the system open if the following conditions are met:

- a) purpose (function) of the system is identified;
- b) there is a finite set of relationships and rules of interaction with external environment (external interface);
- c) function of the system is completely determined by its external relations;
- d) final set of access points, through which the interaction (exchange) with external environment is performed, is determined.

A set of conditions in the definition does not specify the nature of the system itself, its external relations and access points. The external interface serves as an analog of channels and access points – as analogs of contacts. Thus, an open system is essentially a function block which by rules dictated entirely by its external interface, can be interfaced with other units or may be integrated into the systems.

Loosely speaking, we can say that «open» external relations must be «closed» in order that the system «works». Accordingly, «openness» simply means that the system is open for use (performing its functions) in any context – if only it had satisfied the requirements of the external interface.

It is important to emphasize that the external interface fully determines functioning of an open system. Under this



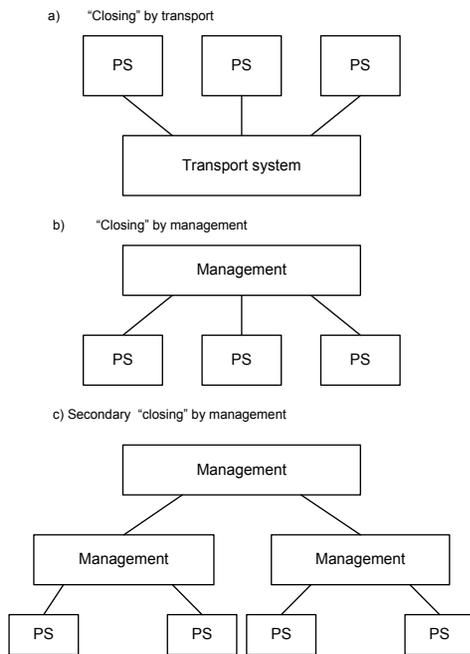


Fig. 1. Examples of composition of open systems.

condition, its inner organization does not matter, so that any two open systems with the same external interface are functionally equivalent, replacement of one of them to another system in the comprehensive system will not lead to a change in functioning of the latter.

The concept of an external interface becomes especially clear if relations are regarded as exchange of objects of a different nature (for example, material objects, electrical signals, information messages, etc.). In this case, the rules of interaction define procedures for exchange and the function of the system is treated as transformation of objects involved in the exchange.

An open system can be associated with any characteristics (indicators, criteria) of operation (external behavior). By changing the internal structure (implementation), its performance can be worsened or improved, but it nevertheless will continue to carry out its function specified by external interface.

Substantially the production system refers to an integrated structural unit, intended for production of certain products within its technological capabilities, given that necessary resources are provided.

Bearing in mind the task of creating production with a regular structure, we give another definition. Under the production system (PS) we mean an open system, the function of which is targeted transformation of properties of material objects on the basis of information and instructions coming from outside.

PS stands for comprehensive system as a «generalized» technological equipment, internal structure and functioning of which are hidden from it.

Thus, to identify PS it is necessary to set:

- technological capabilities (function);
- a set of objects involved in exchanges with external environment;
- a set of rules governing these exchanges;
- a set of access points through which object flows run.

In addition to these options implementation parameters, operation indicators such as performance, reliability, etc. are possible. For production systems can be distinguished, for example, following types of linkages, forming external interface:

- Technological interface defines processing capabilities, as well as properties and parameters of converted objects (workpieces) and all the resources necessary for the work (tools, equipment, etc.);
- Mechanical interface that defines the method of supplying the material to the inside of PS and giving them back;
- Organizational interface that identifies the environment in which PS operates;
- Information interface that reflects content and form of construction and procedures for exchange of information with the external environment;
- Communication (network) interface, showing means and capacities to send information;
- User interface, showing means and ability of staff to manage the production system;
- Infrastructure interface that defines connections to the life support system (power supply, drainage, air delivery, coolant, etc.).

In a detailed analysis further expansion of the content and structuring of these interfaces cannot be excluded. For each of them inherent types of access points can be identified.

By definition, open PS are designed to interface with other open systems. As the latter can serve (also open) control, transport, storage, communication, etc. As a result, PS of a higher rank can be formed. This is illustrated in Pic. 1.

On the contrary, each PS can be regarded as consisting of a set of open systems, for instance, technological (processing), transport, storage, monitoring and measuring, management.

In general, any combination is possible, satisfying the requirement of interface consistency. For example, «closing» of a number of production systems through transport, storage, or assume management. In this way, in particular, it is possible to get an arbitrary number of levels in the management hierarchy.

In fact, composition rules are determined by two factors: functionality of systems and their external interfaces.

Detailed definition of types of open systems, from which production systems are built and their external interfaces, in essence, becomes a task of building PS architecture.

Creating production system architecture can be understood as a task of constructing a set of function-oriented open system and rules for their composition. The presence of well-tuned rules of composition of components would speak of a regular structure or a regular procedure for production system formation. Development of architecture, understood in this way is a complex scientific and technical task that requires concerted efforts of many research groups. And it must be emphasized that development of architecture depends on solution of tasks of various, including higher conceptual level. We have the following hierarchy of tasks in creating an integrated production system:

- Building social and economic model and definition of operation principles of modern enterprise in new conditions;
- Decomposition of functions of product lifecycle management;
- Defining the optimal level of integration;
- Substantiation of the organizational structure of the production system;

- Construction of PS architecture;
- The choice of ways to solve particular problems of management;
- Defining the optimal automation level;
- Interior design and optimization of parameters of subsystems and components of the production system;
- Implementation of PS in the form of organizational and technical complex;
- Implementation and modernization of the production system.

At the scientific and methodological level, the aim is to outline an approach to building design techniques of through integrated production systems, starting from general concepts and ending with realization of their individual components. In parallel, the search is conducted for options of reducing time and costs for development of hardware and software with guaranteed level of functionality and quality of the project [11].

The main method of research is structural and functional decomposition – allocation of a class of open systems and definition of rules for their interaction (composition). The methodological priority dominates – ordering of conceptual and terminological databases of investigated domain, thus creating the prerequisites for transition to the necessary level of rigor descriptions, allowing automated processing within the object-oriented approach [9].

The designated approach is based on the concepts of class and object, structure, parameters and rules of interaction of which with the external environment may be described in terms of formal language. Classes are designed to form a tree-like hierarchy, so that objects of the same class inherit all of the properties of objects of the classes that lie on the way to the top, representing a maximum level. In this scenario, it is possible to describe classes of abstract objects with arbitrary relationships between them. These relationships are represented by:

- The hierarchy of classes (conceptual diagram);
- The rules of design of objects, i. e. inclusion of some objects into others (block diagram);
- The rules of interaction, messaging (procedural scheme).

In methodological and practical terms, it is extremely important that the object-oriented language can serve both as the language of specification and implementation language, which greatly facilitates the development and maintenance of large software systems.

Conclusion. Automation of integrated production puts forward high demands on economic efficiency of management, and therefore one should not underestimate the issue of formation of economic criteria and detailed description of a managed object. Essentially, it is about building a family of conceptual models of a particular subject area at the level of rigidity that allows for automatic (program) interpretation. It is from this point of view, that application of object-oriented approach is extremely promising.

REFERENCES

1. GOST R54136–2010 Industrial automation systems and integration. Guidance on application of standards, structure and vocabulary [GOST R54136–2010 *Sistemy*

promyshlennoj avtomatizacii i integracija. Rukovodstvo po primeneniju standartov, struktura i slovar]. [Electronic source]: <http://xn--dlaaccliaaklm.xn--plai/document/5142954?pid=1>. Last accessed 23.08.2015.

2. National Standard of the Russian Federation. Enterprise integration. GOST R ISO 19439–2008. The basis of enterprise modeling) [*Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Integracija predpriyatija. Osnova modelirovanija predpriyatija. GOST R ISO 19439–2008*].

3. GOST R ISO 15704–2008. [Electronic source]: http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_%D0%A0_%D0%98%D0%A1%D0%9E_15704–2008. Last accessed 23.08.2015.

4. National Standard of the Russian Federation. Industrial automation systems. Concepts and rules for enterprise models. GOST R ISO 14258–2008. [*Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Promyshlennye avtomatizirovannye sistemy. Konceptii i pravila dlja modelej predpriyatija. GOST R ISO 14258–2008*].

5. Boikov, V. I., Boltunov, G. I., Mansurova, O. K. Integrated design and management systems [*Integrirovannye sistemy proektirovanija i upravlenija*]. St. Petersburg, SPbSU IMTO, 2010, 162 p.

6. Kuznetsov, S. D. Design and development of corporate information systems [*Proektirovanie i razrabotka korporativnyh informacionnyh sistem*]. Center for Information Technologies, 1998. [Electronic source]: <http://www.citforum.ru/cfin/prcorpsys/>. Last accessed 23.08.2015.

7. Olfifer, V. G., Olifer, M. A. Computer networks [*Komp'yuternye seti*]. St. Petersburg, Piter publ., 2005, 865 p.

8. Broido, V. L. Computer networks, networking and telecommunications [*Vychislitel'nye seti, seti i telekommunikacii*]. St. Petersburg, Piter publ., 2005, 705 p.

9. Buch, G. *et al.* UML language. User guide [*Jazyk UML. Rukovodstvo pol'zovatelja*]. Moscow, DMK Press, 2004, 432 p.

10. Erglis, K. E. Interfaces of open systems [*Interfejsy otkrytyh sistem*]. Moscow, Gorjachaja linija – Telekom publ., 2000, 256 p.

11. Graham, I. N. Object-oriented methods. Principles and Practice [*Ob'ektno-orientirovannye metody. Principy i praktika*]. Moscow, Williams publ., 2004, 880 p.

12. Kalachanov, V., Kobko, L. Economic efficiency of information technology implementation: Educational guide [*Ekonomicheskaja effektivnost' vnedrenija informacionnyh tehnologij: Ucheb. posobie*]. Moscow, MAI publ., 2014, 180 p.

13. Skripkin, K. G. Cost-effectiveness of information systems [*Ekonomicheskaja effektivnost' informacionnyh sistem*]. Moscow, «DMK Press», 2002, 250 p.

14. Muromtsev, D. Yu., Muromtsev, Yu. L., Tyutyunik, V. M., Belousov, O. A. Economic efficiency and competitiveness. Educational guide [*Ekonomicheskaja effektivnost' i konkurentosposobnost'. Ucheb. posobie*]. Tambov, Tambov State Technical University publ., 96 p.

15. Gerasimov, V. V., Minina, L. S., Vasiliev, A. V. Management of innovation potential of manufacturing systems: Educational guide [*Upravlenie innovacionnyh potencialom proizvodstvennyh sistem: Ucheb. posobie*]. Novosibirsk, NGASU publ., 2013, 64 p.

16. Ainabek, K. S. The theory of public management (Alternative to economic theory and economics). Textbook, 2nd ed., rev. and enl. [*Teorija obshhestvennogo hozjajstvovanija (Alternativa ekonomicheskoy teorii i ekonomiki). Uchebnik: 2-e izd., ispr. i dop.*]. Karaganda, KEUK publ., 2014, 608 p. ●

Information about the authors:

Malinovskaya, Zhanna V. – Ph.D. (Economics), associate professor, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, malin.o@mail.ru.

Popov, Alexander P. – Ph.D. (Eng.), associate professor, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, pap60@bk.ru.

Article received 24.08.2015, revised 14.12.2015, accepted 18.12.2015.

