

ИНТЕГРИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ИННОВАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

**В. Г. Матвейкин^{1,2}, Б. С. Дмитриевский¹,
Н. С. Попов³, О. В. Дмитриева¹**

*Кафедры: «Информационные процессы и управление» (1);
«Природопользование и защита окружающей среды» (3), ФГБОУ ВО «ТГТУ»;
ОАО «Корпорация «Росхимзащита» (2), г. Тамбов, Россия;
dmiboris@yandex.ru*

Ключевые слова: автоматизированная система управления; инновационно-производственная система; интегрированная модель изделия; интегрированная модель среды.

Аннотация: Рассмотрены теоретические и методологические основы разработки модели инновационно-производственной системы с использованием интеллектуальной информационной среды, позволяющей формализовать интеллектуальные ресурсы как на стадии разработки изделий, так и стадии управления производством и создать единое информационное пространство на основе интегрированных моделей изделия и производственной среды.

Введение

Современное состояние народного хозяйства России приводят к необходимости развития методологии и инструментария управления инновационными производствами [1 – 6], включающими в себя проектирование, конструирование, технологическую подготовку, испытания, единичное и серийное производство. В инновационно-производственной системе, кроме материальных и информационных потоков, существуют потоки знаний. При этом необходимо создавать новые знания, направленные на получение инновационной продукции.

Цель работы – формирование интегрированной модели инновационно-производственной системы, позволяющей повысить информативность о состоянии инновационного производства при принятии управленческих решений для обеспечения успешного функционирования, за счет повышения эффективности управления информацией и использования интеллектуальной информационной среды.

Теоретический анализ

При разработке инновационной продукции на процесс управления, кроме внешней среды, большое значение оказывает внутренняя среда, в том числе инновационные процессы. При этом помимо управления стоимостью и сроками выполнения, необходимо управлять данными о продукции, процессом передачи документов между участниками разработки как внутри, так и вне предприятия

и др. Структурная разобщенность традиционных органов администрации на обычном предприятии не позволяет эффективно управлять процессом создания инновационной продукции. Необходима унификация интеллектуальной информационной среды и координация регламентации деятельности подразделений, направленная на инновационную деятельность предприятия.

Управление информационными процессами представляет собой поддержку различных процедур, создающих и использующих данные об изделии (например, процедуры изменения изделия), то есть фактически поддержку электронного документооборота, например, конструкторского. Повышение эффективности управления информацией возможно за счет повышения доступности данных об изделии, требующихся для информационных процессов, которое достигается за счет интеграции всех данных об изделии в логически единую модель.

Автоматизированная система управления инновационно-производственной системой (АСУ ИПС), базирующаяся на интегрированной модели, должна контролировать все связанные с изделием информационные процессы (в первую очередь проектирование изделия) и всю информацию об изделии, включая состав и структуру, геометрические данные, чертежи, планы проектирования и производства, нормативные документы, программы для станков с ЧПУ, результаты анализа, корреспонденцию, данные о партиях, отдельных экземплярах и многое другое. При создании единой интегрированной среды АСУ ИПС выступает в качестве средства интеграции всего множества используемых прикладных компьютерных систем (САПР, АСУП и т.п.) путем аккумуляирования поступающих от них данных в логически единую модель на основе стандартных интерфейсов взаимодействия.

Пользователями АСУ ИПС выступают сотрудники всех предприятий, участвующих в создании инновационной продукции: конструкторы, технологи, работники технического архива, а также сотрудники, работающие в других предметных областях: сбыта, маркетинга, снабжения, финансов, сервисов, эксплуатации и т.д. Главной задачей АСУ ИПС является предоставление соответствующему сотруднику нужной ему информации в нужное время в удобной форме (в соответствии с правами доступа).

Функции АСУ ИПС разделим на несколько групп:

– *управление хранением данных и документов*: все данные и документы хранятся в специальной подсистеме – хранилище данных, обеспечивающей их целостность, организующей доступ к ним в соответствии с правами доступа и позволяющей осуществлять поиск данных разными способами; обладают электронной подписью;

– *управление процессами*: система выступает в качестве рабочей среды пользователей и отслеживает все их действия, в том числе следит за версиями создаваемых ими данных, кроме того, она управляет потоком работ (например, в процессе проектирования изделия) и занимается протоколированием действий пользователей и изменений данных;

– *управление составом изделия*: система содержит информацию о составе изделия, его исполнениях и конфигурациях; важной особенностью является наличие нескольких представлений состава изделия для различных предметных областей (конструкторского, технологического, маркетингового и т.д.), а также управление применяемостью компонентов изделия;

– *классификация*: система позволяет производить распределение изделий и документов в соответствии с различными классификаторами, что может быть использовано при автоматизации поиска изделий с нужными характеристиками в целях их повторного применения или для автоматизации присваивания обозначений компонентов изделия;

– *календарное планирование*: система содержит функции формирования календарного плана работ, распределения ресурсов по отдельным задачам и контроля выполнения задач со стороны руководства;

– *вспомогательные функции*: обеспечивают взаимодействие системы с другими программными средствами, пользователями, а также взаимодействие пользователей друг с другом.

Основной выгодой от внедрения АСУ ИПС является сокращение времени разработки изделия, то есть сокращение времени выхода изделия на рынок и повышение его качества. Сокращение времени выхода на рынок происходит в первую очередь за счет повышения эффективности процесса проектирования изделия, которое характеризуют четыре аспекта:

– избавление конструктора от непроизводительных затрат своего времени, связанных с поиском, копированием и архивированием данных;

– улучшение взаимодействия между конструкторами, технологами и другими участниками разработки инновационного продукта за счет поддержки методики параллельного проектирования, что приводит к сокращению числа изменений изделия;

– значительное сокращение срока проведения изменения конструкции изделия или технологии его производства за счет улучшения контроля за потоком работ в проекте;

– резкое увеличение доли заимствованных или слегка измененных компонентов в изделии за счет предоставления возможности поиска компонента с необходимыми характеристиками.

Методика исследования

Можно выделить две основные проблемы, стоящие на пути повышения эффективности управления информацией на инновационном производстве. *Во-первых*, с увеличением сложности изделий и применением для их разработки современных компьютерных систем значительно увеличивается объем данных. Прежние методы работы с данными уже не позволяют обеспечивать их точность, целостность и актуальность при сохранении приемлемых временных и материальных затрат. *Во-вторых*, увеличение числа участников проекта по разработке изделия (особенно в случае, когда предприятие представляет собой корпорацию) приводит к возникновению серьезных проблем при обмене информацией между участниками из-за наличия между ними коммуникационных барьеров (например, из-за несовместимости компьютерных систем).

Для эффективного решения данных проблем используют следующие базовые принципы CALS:

– системную информационную поддержку на основе использования единого информационного пространства (ЕИП);

– информационную интеграцию за счет стандартизации информационного описания объектов управления;

– безбумажное представление информации.

Системная информационная поддержка осуществляется в ЕИП, которое содержит сведения об изделиях, производственной среде, ресурсах и процессах предприятия, обеспечивает корректность, актуальность, сохранность и доступность данных тем субъектам научно-производственной деятельности, кому это необходимо и разрешено.

Возможны две формы представления конструкторской информации. *Первая форма* включает:

– базу данных (внутреннее представление информации в компьютерной системе);

- электронный конструкторский документ (ЭКД);
- электронный или бумажный носитель, пригодный для восприятия человеком.

Второй формой представления информации является структурированный набор данных, включающий в себя реквизитную (идентифицирующие атрибуты, электронная подпись) и содержательную (текстовая, числовая, графическая информация) части.

Изделие (конечное) представим в виде комбинации материалов, предметов, программных и иных компонент, готовых к использованию по назначению. Компоненты конечного изделия, в свою очередь, являются изделиями. Описание отношений между компонентами изделия, задаваемое в виде древовидного графа, представляет собой структуру изделия. Изделия состоит из иерархически организованного списка компонент с указанием его атрибутов. Если конкретным компонентам задать определенные значения атрибутов, то объединение структуры и состава изделия будет представлять собой конфигурацию.

Основной объем информации об изделии в ЕИП составляют данные:

- о составе и структуре изделия, используемых материалах и комплектующих с указанием возможных альтернатив и их взаимозаменяемости;
- технических, физических и других характеристиках, разработчиках, качестве и эксплуатации;
- определяющие состав возможных конфигураций в зависимости от внешних требований и условий, а также данные об отличиях конкретных экземпляров (партий);
- классификационные и идентификационные сведения об изделии и его компонентах, в том числе наименование, обозначение, классификационные коды, данные о поставщиках, а также касающиеся степени конфиденциальности информации;
- представленные в форме объемных геометрических моделей, сборочных единиц и отдельных деталей, электронных (векторных) и сканированных бумажных (растровых) чертежей;
- текстовой документации.

Приведенный перечень не является полным и может быть расширен. Под ресурсом будем понимать совокупность материальных, финансовых, интеллектуальных или иных ценностей, используемых и расходуемых в ходе деятельности, связанной с разработкой, проектированием, производством или эксплуатацией изделия. Ресурсы, используемые в проекте, могут иметь различную природу, свойства и характеристики, они потребляются в ходе бизнес-процесса, под которым понимается совокупность последовательно или/и параллельно выполняемых операций, преобразующая материальный или/и информационный потоки в потоки с другими свойствами. Бизнес-процесс протекает в соответствии с управляющими директивами, вырабатываемыми на основе целей деятельности. Совокупность бизнес-процессов, в которых наряду с материальными и информационными потоками существуют интеллектуальные потоки, потоки знаний, является инновационно-производственной системой.

Результаты исследования

Представим модель инновационно-производственной системы как описание процесса, связанного с данными об изделии и потребных материальных, финансовых, интеллектуальных и иных ресурсах. Каждый класс данных имеет свой набор «методов» работы, который образует «технологический» слой программного обеспечения, – систему управления данными, учитывающую их семантику, особенности организации и обеспечивающую высокоуровневый интерфейс обмена с прикладными системами.

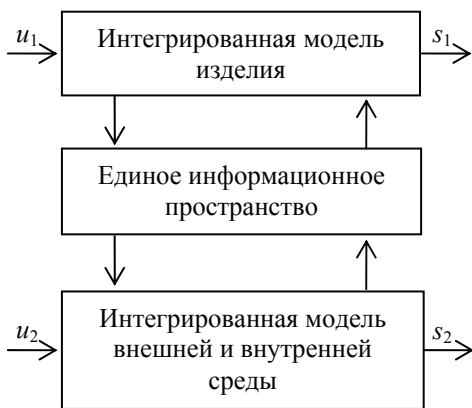


Рис. 1. Схема интегрированной модели инновационно-производственной системы

Интегрированную модель (ИМ) инновационно-производственной системы (рис. 1) представим в виде двух частей:

- объединяющая ИМ изделия на стадиях предпроектной, опытно-конструкторской работы (ОКР) и производства (изготовления);
- внешней и внутренней среды.

На основе ИМ инновационно-производственной системы создается единое информационное пространство.

Вектор входных параметров u (u_1, u_2) характеризует технологические, информационные и интеллектуальные потоки. Вектор состояний ИПС s (s_1, s_2) определяет функционирование

системы, которое зависит от технологических, технико-экономических и инновационных параметров. Модель внешней среды представлена набором моделей субъектов рынка (поставщиков сырья, потребителей) [7].

Поведение каждого субъекта состоит в заключении договоров на приобретение, поставку некоторого вида изделий в момент времени t в объеме $V = \{v_{smt}\}$, по цене $C = \{c_{smt}\}$ за единицу изделия, где s – число субъектов рынка; $m = 1 < M$, M – число единиц готовых изделий и сырья, необходимого для выполнения основной деятельности.

Модель субъекта рынка ψ_s можно записать следующим образом

$$\psi_s = \langle \{v_{smt}\}; \{c_{smt}\}; \{t_{smt}\} \rangle, s = 1, \dots, S_m, \quad (1)$$

где S_m – число субъектов рынка, имеющих отношение к изделию $m = 1, \dots, M$; $\{t_t\}$ – множество календарных дат, в которые субъект заключал договоры на поставку, приобретение m -го изделия в объеме $\{v_{smt}\}$ по цене $\{c_{smt}\}$ за единицу изделия.

Модель «субъекта рынка» (1) используется для нахождения множества заказов $\Omega' = \{\psi_{smt}\}$ на плановый период $[t_0; t_T]$.

Для внутренней среды из множества Ω' определяется объем для каждого заказа $z \in Z$: $w_{smt}^z = v_{smt}$.

Кортеж Ω' является входными данными для модели внутренней среды. Внутренняя среда – совокупность процессов на стадиях, регламентированных документацией: предпроектной, ОКР и производства изделия.

Согласно найденному Ω' портфелю заказов по модели внутренней среды необходимо определить загрузку производственных мощностей на плановый период $[t_0; t_T]$.

Для реализации портфеля необходимо выполнить последовательности некоторых заданных нормативной документацией процессов жизненного цикла

$$Q^P = \{q_p^P\}, p \in P_z, z \in Z, \quad (2)$$

где q_p^P – множество операций; P_z – число процессов в заказе z ; Z – число заказов на изготовление изделий или оказанию услуг в множестве Ω' .

Для задания последовательности выполнения этапов разработки изделия в модели использована квадратная булева матрица $D_z^P (z \in Z)$ – номер заказа задания предшествования

$$\mathbf{D}_z^p = \{d_{mn}^z\} \quad (3)$$

где m, n – номера процессов заказа.

С помощью булевой переменной для каждого заказа задаются отношения предшествований процессов в заказе Z

$$d_{mn}^z = \begin{cases} 1, \\ 0, \end{cases} \quad (4)$$

где 1 – если m – процесс следует непосредственно за Z -м, 0 – в противном случае; $m, n \in P_z$.

Каждый процесс из множества $\{q_p^P\}$ состоит из фиксированной последовательности операций $\{q_o^O\}$, где $o \in O_p; p \in P_z; z \in Z$. Подмножество операций

$$O_p \subset O,$$

где O – полное множество операций для процессов $\{P_z\}$, для общего количества заказов $z \in Z$ в портфеле Ω' .

Последовательность операций в процессе задается матрицей $\mathbf{D}_p^O = \{d_{mn}^O\}$. Матрицы предшествования в модели задаются множеством $\mathbf{D} = \langle \mathbf{D}_p^O, \mathbf{D}_z^P \rangle$, где $o \in O_p; p \in P_z; z \in Z$.

Для выполнения операции, входящей в состав процесса, требуется производственный ресурс R : где R^L – интеллектуальные ресурсы; R^E – аппараты; R^M – сырье. Таким образом

$$R = \langle \{r^m\}, \{r^l\}, \{r^e\} \rangle, \quad (5)$$

где $r^m \in R^M, m \in M$ – общее число номенклатуры сырья; $r^l \in R^L, l \in L$ – общее число интеллектуальных ресурсов, задействованных в выполнении процессов, $r^e \in R^E, e \in E$ – общее число используемых аппаратов.

В модели рассматриваются следующие характеристики ресурса:

– сырье: стоимость в денежном эквиваленте v_m^S ;

– аппарат: время, затрачиваемое на выполнение операции v_e^T (производительность – время на одну операцию), заданное нормативной документацией или полученное из статистики работы аппарата в предыдущие периоды; стоимость v_e^S в денежном эквиваленте работы аппарата ($e \in E$) за время v_e^T ;

– интеллектуальные ресурсы: v_l^S – «оплата труда» за единицу времени или за единицу изделия l -му интеллектуальному ресурсу; v_l^K – «производительность» l -го интеллектуального ресурса, где $0 \leq v_l^K \leq 1$;

– описание ресурса: $R = \langle R^M, R^L, R^E \rangle$ в модели используют:

$$R^M = \langle \{v_m^S\} \rangle, m \in M; \quad (6)$$

$$R^L = \langle \{v_l^S\}, \{v_l^K\} \rangle, l \in L; \quad (7)$$

$$R^E = \langle \{v_e^S\}, \{v_e^T\} \rangle, e \in E; \quad (8)$$

– установление соответствия для операции ресурса, заданного нормативной документацией, производят с помощью булевых матриц:

$$\mathbf{D}_O^M = \{d_{mo}\}, m \in M, o \in O; \quad (9)$$

$$\mathbf{D}_O^L = \{d_{lo}\}, l \in L, o \in O; \quad (10)$$

$$\mathbf{D}_O^E = \{d_{eo}\}, e \in E, o \in O. \quad (11)$$

Получено несколько видов сырья, заданных матрицей

$$\mathbf{D}_O^{M'} = \{d_{mo}'\}, m \in M, o \in O. \quad (12)$$

Каждая операция может выполняться на нескольких аппаратах и с разными интеллектуальными ресурсами, поэтому для матриц соответствия выполняются следующие условия

$$\forall o \in O, \mathbf{D}_O^E - \sum_{e=1}^E d_{eo} \geq 1, \mathbf{D}_O^L - \sum_{l=1}^L d_{lo} \geq 1. \quad (13)$$

Ограничения на использование сырья в модели на данном этапе не закладываются. Считается, что сырьевой ресурс не ограничен.

Заключение

Разработана интегрированная модель инновационно-производственной системы, состоящая из двух частей: модели изделия, объединяющей интегрированную модель изделия на стадиях предпроектной, ОКР, производства и модели внешней и внутренней среды.

Интегрированная модель позволит: проводить ситуационное моделирование, изменяя информационные элементы таких входных потоков информации, как внутренние работы, заказы, договоры на создание научно-технической продукции, стоимость использования ресурсов и др.; повысить эффективность функционирования инновационно-производственной системы за счет своевременного принятия управленческих решений; рассчитать потребности в ресурсах для обеспечения клиентских заказов; поддерживать основные параметры производственного процесса, такие как объем производства и сроки готовности конечной продукции, на уровнях, близких к плановым.

Список литературы

1. Битюков, В. К. Качественный анализ функционирования сетевой системы управления с конкурирующим методом доступа / В. К. Битюков, А. Е. Емельянов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 18, № 1. – С. 38 – 46.
2. Битюков, В. К. Обобщенная математическая модель сетевой системы управления с конкурирующим методом доступа / В. К. Битюков, А. Е. Емельянов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Т. 18, № 2. – С. 319 – 326.
3. Дякин, В. Н. Динамическая модель управления развитием промышленного предприятия // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 2. – С. 304 – 308.
4. Серов, А. Ю. Действующая компьютерная модель производственного предприятия / А. Ю. Серов, А. В. Сморгонский // Экономика и математические методы. – 2009. – Т. 45, № 3. – С. 40 – 47.
5. Еремеев, А. П. Прототип интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления энергообъектом / А. П. Еремеев, Л. С. Денисенко // Программные продукты и системы. – 2002. – № 3. – С. 38 – 42.
6. Колесников, А. А. Синергитические методы управления сложными системами : теория системного синтеза / А. А. Колесников. – 2-е изд. – М. : КомКнига, 2012. – 240 с.
7. Панченко, И. С. Математическое моделирование и алгоритмизация организационно-технологических систем, производящих инновационную продукцию : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / И. С. Панченко. – Тамбов, 2012. – 16 с.

Integrated Models of Innovative Production System

V. G. Matveykin^{1,2}, B. S. Dmitrievsky¹,
N. S. Popov³, O. V. Dmitriyeva¹

Departments: "Information Processes and Control" (1);
"Nature Management and Environmental Protection" (3), TSTU;
OAO "Corporation "Roskhimzaschita" (2), Tambov, Russia;
dmiboris@yandex.ru

Keywords: automated control system; innovative production system; integrated environment model; integrated product model.

Abstract: The article discusses theoretical and methodological foundations of developing a model of innovation and production system using intelligent information environment. The model allows for formalization of intellectual resources at the stage of product development and the production control stage. The proposed approach makes it possible to create a single information space using integrated models of product and environment. Integrated product model unites all product models in the pre-design stage, development work and production. The environment model is represented by a set of models of market participants (suppliers of raw materials, consumers).

References

1. Bityukov V.K., Emel'yanov A.E. [Qualitative analysis of the functioning of the network management system with competing access method], *Transactions of Tambov State Technical University*, 2012, vol. 18, no. 1, pp. 38-46. (In Russ.)
2. Bityukov V.K., Emel'yanov A.E. [Generalized mathematical model of networked control systems with competing access method], *Transactions of Tambov State Technical University*, 2012, vol. 18, no. 2, pp. 319-326. (In Russ.)
3. Dyakin V.N. [Dynamic Model of Management of Industrial Enterprise Development], *Transactions of Tambov State Technical University*, 2013, vol. 19, no. 2, pp. 304-308. (In Russ., abstract in Eng.)
4. Serov A.Yu., Smorgonskii A.V. [The existing computer model of the production facility], *Ekonomika i matematicheskie metody* [Economics and Mathematical Methods], 2009, vol. 45, no. 3, pp. 40-47. (In Russ.)
5. Ereemeev A.P., Denisenko L.S. [The prototype of intellectual decision support system for the management of power facilities], *Programmnye produkty i sistemy* [Programmnye produkty i sistemy], 2002, no. 3, pp. 38-42. (In Russ.)
6. Kolesnikov A.A. *Sinergiticheskie metody upravleniya slozhnymi sistemami : teoriya sistemnogo sinteza* [Synergistic complex systems management methods : Theory System Synthesis], Moscow: KomKniga, 2012, 240 p. (In Russ.)
7. Panchenko I.S. *Extended abstract of candidate's of technical thesis*, Tambov, 2012, 16 p. (In Russ.)

Integriertes Modell des Innovativproduktionssystems

Zusammenfassung: Es sind die theoretischen und methodologischen Grundlagen der Entwicklung des Modells des Innovativproduktionssystems unter Ausnutzung der intellektuellen informativen Umgebung betrachtet, die die

intellektuellen Ressourcen sowohl auf dem Stadium der Entwicklung der Erzeugnisse, als auch auf dem Stadium der Steuerung von der Produktion zu formalisieren und den einheitlichen informativen Raum aufgrund der integrierten Modelle des Erzeugnisses und der Produktionsumgebung zu schaffen zulässt.

Modèle intégré du système d'innovation et de production

Résumé: Sont considérées les bases théoriques et méthodologiques de la conception d'un modèle du système d'innovation et de production avec l'utilisation du milieu informatique intellectuel permettant de formaliser les ressources intellectuelles au stade de la conception des produits ainsi qu'à l'étape de la gestion de la production et de créer l'espace informatique unique à la base des modèles intégrés des produits et du milieu de production.

Авторы: *Матвейкин Валерий Григорьевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные процессы и управление», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия; заместитель генерального директора ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов, Россия; *Дмитриевский Борис Сергеевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные процессы и управление»; *Попов Николай Сергеевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»; *Дмитриева Оксана Владимировна* – аспирант кафедры «Информационные процессы и управление», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Погонин Василий Александрович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные процессы и управление», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.
