

uchrezhdeniyah, podvedomstvennyh Federal'nomu agentstvu po zdравоохранeniyu i social'nomu razvitiyu, Federal'nomu mediko-biologicheskому agentstvu i Rossiiskoi akademii medicinskih nauk». – М., 2005.

4. Prikaz Ministerstva zdравоохранeniya i social'nogo razvitiya Rossiiskoi Federacii ot 31 dekabrya 2010 g. № 1248n «O poryadke formirovaniya i utverzhdenii gosudarstvennogo zadaniya na okazanie v 2011 godu vysokotekhnologichnoi medicinskoj pomoshi grazhdanam Rossiiskoi Federacii za schet byudzhetyh assignovanii federal'nogo byudzheta». – М., 2010.

5. Pis'mo Ministerstva zdравоохранeniya i social'nogo razvitiya RF ot 8 iyulya 2006 g. № 3604-VS «O napravlenii metodicheskikh rekomendacii po organizacii vypolneniya gosudarstvennogo zadaniya po okazaniyu vysokotekhnologichnyh vidov medicinskoj pomoshi grazhdanam Rossiiskoi Federacii». – М., 2006.

6. Perhov V. I. Slozhivshiesya tendencii planirovaniya i upravleniya ob'emami vysokotekhnologichnoi medicinskoj pomoshi, okazyvaemoi naseleniyu na federal'nom urovne / V. I. Perhov // Menedzher zdравоохранeniya. – 2006. – № 9. – S. 23–32.

7. Urok prem'era // Rossiiskaya gazeta. – 2010. – 5 iyulya.

8. Federal'nyi zakon Rossiiskoi Federacii ot 23 iyulya 2010 g. № 185-FZ «O vnesenii izmenenii v Federal'nyi zakon «O federal'nom byudzhete na 2010 god i na planovyi period 2011 i 2012 godov». – М., 2010.

9. Prikaz Ministerstva zdравоохранeniya i social'nogo razvitiya RF ot 27 avgusta 2008 g. № 458n «O gosudarstvennom zadanii na okazanie vysokotekhnologichnoi medicinskoj pomoshi grazhdanam Rossiiskoi Federacii za schet sredstv federal'nogo byudzheta v 2008 godu». – М., 2008.

10. Rybal'chenko I. E. Standartizaciya organizacionnyh shem pri okazanii vysokotekhnologichnoi medicinskoj pomoshi / I. E. Rybal'chenko // Menedzher zdравоохранeniya. – 2010. – № 7. – S. 34–42.

УДК 622:681.3

### **СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

*Федунец Нина Ивановна, доктор технических наук, профессор, Московский государственный горный университет, 119991, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 6, e-mail: arw2001@ngs.ru.*

*Гончаренко Алексей Николаевич, старший преподаватель, Московский государственный горный университет, 119991, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 6, e-mail: gan@ngs.ru.*

*Статья посвящена созданию модели построения структуры информационных технологий интегрируемых на промышленном предприятии с помощью методов структурно-параметрического синтеза и динамического программирования. Модель направлена на консолидацию процессов горнопромышленного предприятия в рамках создания единого информационного поля и учитывает различные условия эксплуатации программно-аппаратных средств. Необходимость создания модели объясняется тем, что компьютерное оборудование промышленного предприятия, работающее в разных службах предприятия, обрабатывает большие объемы информации, где, как правило, визуализация, трансформация и анализ информации происходит с одними и теми же данными. Это приводит либо к очень большому количеству узкоспециализированных программных продуктов и к необходимости иметь связующие программные компоненты. Сложность, инвариантность, полнота и адекватность созданной модели определяется свойствами информационных технологий и особенностями бизнес-процессов промышленного предприятия. Анализ решений для всех возможных конструктивных исполнений структуры программно-аппаратных средств позволил принять научно-обоснованное решение для создания оптимальной архитектуры. Аprobация модели построения структуры программно-аппаратных средств на промышленном*

---

---

## УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

---

---

*предприятия была проведена на горном предприятии. Выбор программно-аппаратных средств определялся возможностью интеграции на всех этапах производственного цикла. Применение модели построения оптимальной структуры программно-аппаратных средств позволило получить значительный прирост объемно-качественных показателей эффективности функционирования промышленного предприятия.*

***Ключевые слова:** информационные технологии, промышленное предприятие, показатели эффективности функционирования предприятия, структурно-параметрический синтез, динамическое программирование, оптимальная архитектура, системные связи, системный подход, бизнес-процесс, программно-аппаратные средства, условия эксплуатации.*

### STRUCTURALLY-PARAMETRICAL SYNTHESIS OF OPTIMUM PROGRAM-HARDWARE ARCHITECTURE AT THE INDUSTRIAL ENTERPRISE

*Fedunets Nina I., Dr. Sci. Tech., professor, Moscow state mining university, 119991, Russia, Moscow, Leninsky prospect, 6, e-mail: arw2001@ngs.ru.*

*Goncharenko Alexey N., senior lecturer, Moscow state mining university, 119991, Russia, Moscow, Leninsky prospect, 6, e-mail: gan@ngs.ru.*

*Article is devoted to creation integration model's construction of IT-technology structure at the mining enterprise by structurally-parametrical synthesis methods and dynamic programming. The model is directed on consolidation of the mining enterprise processes within the limits of creation a uniform information field and considers various service conditions of hardware-software means. Necessity of model creation speaks that the industrial enterprise computer equipment is working in different services of the enterprise; visualization processes great volumes of the information, where, as a rule, transformation and the information analysis occurs with the same data. It results or in very considerable quantity of highly specialized software products and to necessity to have binding program components. Complexity, invariance, completeness and adequacy of the created model is defined by information technology properties and features of business processes at the industrial enterprise. The decisions analysis for all possible designs of hardware-software means structure has allowed to make the scientifically-proved decision for optimum architecture creation. Approbation of model of hardware-software means structure construction at the industrial enterprise has been spent at the mining enterprise. The choice of hardware-software means was defined by integration possibility at all production cycle stages. Application of optimum structure hardware-software means model construction has allowed to receive a considerable gain volume-quality indicators functioning efficiency of the industrial enterprise.*

***Key words:** information technology, the industrial enterprise, efficiency indicators the industrial enterprise functioning, structurally-parametrical synthesis, dynamic programming, optimum architecture, system communications, system approach, business-process, hardware-software means, service conditions.*

В целом современный мировой уровень ИТ-систем для промышленности отличается разнообразностью, активностью, динамичностью развития, готовностью удовлетворять практически любые специфические требования заказчиков при наличии у последних необходимых средств и достаточно квалифицированного персонала для освоения сложных программных продуктов.

На сегодняшний день современное промышленное предприятие обычно хорошо оснащено программным обеспечением и компьютерным оборудованием, которые работают в разных службах предприятия, обрабатывая большие объемы информации, где, как правило,

визуализация, трансформация и анализ информации происходят с одними и теми же данными. Это приводит либо к очень большому количеству узкоспециализированных программных продуктов и к необходимости иметь связующие программные компоненты, либо сложная ИТ-система должна охватывать все информационные аспекты производственной жизни предприятия. В чистом виде эти варианты не встречаются из-за изначально ограниченных функционально программ, которые развиваются и расширяют сферы своего действия на смежные участки производственного предприятия, либо по причине крайней сложности проектирования, настройки и обслуживания такой системы [1].

Данное обстоятельство приводит к существованию множеств форматов данных на промышленном предприятии, нарушению системных связей между подразделениями, дублированию и избыточности данных. Недостаточное понимание значения информационных технологий часто приводит к потере производительности, эффективности управления и неполному использованию возможностей производства.

Вышеперечисленные недостатки могут быть устранены в рамках задач структурно-параметрического синтеза, направленного на консолидацию процессов горнопромышленного предприятия в рамках создания единого информационного поля. В этой связи необходимо создание модели структуры программно-аппаратных средств на промышленном предприятии, которая позволит значительно увеличить показатели эффективности производственных процессов, что в итоге приведет к повышению эффективности функционирования горного предприятия.

Процесс проектирования структуры программно-аппаратных средств  $\{S\}$  можно представить в виде совокупности некоторых программных решений множества  $\{G\} \in \{T_k\}$  и взаимосвязей между этими программными продуктами из множества  $\{Q\}$ , т.е.:

$\{G_i\}$  –  $i$ -ое подмножество взаимозаменяемых программно-аппаратных средств, где  $\{G_i\} \in \{G\}$  ( $i = 1, \dots, n; g_i \in \{G_i\}$ ),  $\{Q_i^j\}$  – подмножество взаимозаменяемых связей  $i$ -ой решений с другими  $j = 1, \dots, n$  ( $i \neq j$ ) ИТ, где  $\{Q_i^j\} \in \{Q\}$  ( $q_i^j \in \{Q_i^j\}$ ).

$$\{S\} = \{g_1, \dots, g_n; q_1^2, \dots, q_1^n, \dots; q_1^k, \dots, q_k^n, \dots; q_1^n, \dots, q_n^{n-1}\},$$

где  $\{G\} = \{G_1, \dots, G_n\}$ ,

$$\{Q\} = \{Q_1^2, \dots, Q_1^n, \dots; Q_k^1, \dots, Q_k^n, \dots; Q_n^1, \dots, Q_{nn}^{-1}\},$$

Отсутствие связей  $q_1^1, \dots, q_k^k, \dots; q_n^n$  говорит о невозможности влияния на функционирование программного решения множества  $\{G\}$  этого же решения. Взаимозаменяемость означает, что из подмножества  $\{G_i\}$  можно применить любое из решений, а из подмножества  $\{Q_i^j\}$  любую реализуемую на практике связь при создании структуры программно-аппаратных средств. При этом любое из решений множества  $\{G\}$ , как и любая связь из множества  $\{Q\}$ , может отсутствовать в проектируемой структуре программно-аппаратных средств  $\{S\}$  [2].

Для определенности считаем, что все связи стационарные. Влияние связей на функционирование структуры  $\{S\}$ , как правило, описывается конструктивными параметрами и характеристиками, включаемыми в множество параметров и характеристик программных решений множества  $\{G\}$ . Следовательно, каждому программно-аппаратному средству множества  $g_i$  соответствует множество конструктивных параметров  $K_i$  и характеристик  $X_i$ , а свя-

---

---

## УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

---

---

зи из множества  $\{Q\}$  будут определять только структуру программно-аппаратных средств  $\{S\}$ :  $g_i = g_i(K_i, X_i)$  [3].

Математические модели  $M_i$  функционирования структуры программно-аппаратных средств  $\{S\}$  в различных условиях эксплуатации, сложность, инвариантность, полнота и адекватность моделей во многом определяются свойствами множеств  $\{G\}$  и  $\{Q\}$ , т.е.:

$$M_i = M_i(G_1, \dots, G_n; Q_1^2, \dots, Q_1^n, \dots; Q_k^1, \dots, Q_k^n, \dots; Q_n^1, \dots, Q_n^{n-1}).$$

Для решения задачи структурно-параметрической оптимизации в целом предлагается принцип дискретного изменения программных решений  $g_1, \dots, g_n$  структуры программно-аппаратных средств  $\{S\}$  из множества  $\{G\}$  и связей  $q_1^2, \dots, q_1^n, \dots; q_k^1, \dots, q_k^n, \dots; q_n^1, \dots, q_n^{n-1}$  из множества  $\{Q\}$ , т.е. принцип перебора различных структурных схем и определение оптимального параметрического решения для каждого возможного исполнения структуры программно-аппаратных средств. Дальнейший анализ оптимальных решений для всех возможных конструктивных исполнений структуры  $\{S\}$  позволяет окончательно принять научно обоснованное решение, которое на практике можно решить с помощью динамического программирования. Более эффективным на уровне параметрического синтеза представляется метод динамического программирования [4].

Для выбора оптимальной структуры программно-аппаратных средств  $\{S\} = y_N(x)$ , состоящей из  $N$  вариантов ИТ, с показателями эффективности бизнес-процессов  $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ , эффективность которых после внедрения ИТ соответственно  $\{S_1(x_1), S_2(x_2), \dots, S_N(x_N)\}$ , можно записать:

$$\{S\} = y_N(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_N) = S_1(x_1) + S_2(x_2) + \dots + S_N(x_N)$$

Сначала, согласно принципу оптимальности, следует установить оптимальные параметры для  $N$ -ого программно-аппаратного средства, затем для  $(N-1)$ -го и т.д.

Пусть  $f_N(x)$  выражает оптимальную эффективность бизнес-процесса, образующуюся на  $N$ -ой структуре программно-аппаратных средств. Очевидно, что  $f_N(0) = 0$ ,  $f_1(x_1) = S_1(x_1)$  для  $x > 0$ . Тогда основное функциональное уравнение динамического программирования записывается в виде:

$$\{S\} = y_N(x) = f_N(x) = \text{opt}[S_N(x_N) + S_{N-1}(x_{N-1}) + \dots + S_1(x_1)] = \text{opt}[S_N(x_N) + f_{N-1}(x-x_N)] \text{ для } N = 2, 3 \dots$$

Апробация модели построения структуры программно-аппаратных средств на промышленном предприятии была проведена на горнопромышленном предприятии, которое осуществляет разработку сульфидного медно-никелевого месторождения.

В связи с наличием сложных горно-геологических условий, несовершенством учетной политики на ряде бизнес-процессов, особенностями климатических условий, предприятие на сегодняшний день столкнулось с нерациональным использованием материальных и других производственных ресурсов, что сказалось на его финансово-экономических показателях.

Системный подход к формированию исходного множества программно-аппаратных средств для внедрения на предприятии позволил определить следующие множества программно-аппаратных средств на горном предприятии:  $\{It_k\} = \{It_1\} \cup \{It_2\} \cup \{It_3\}$ ,  $k = 1, 2, \dots, I$ , где  $\{It_1\}$  – множество вариантов реализации ИТ TECHBASE Professional Mining,  $\{It_2\}$  – множество реализации систем диспетчеризации на горнопромышленном предприятии,  $\{It_3\}$  – множество вариантов реализации ИТ Data Mining (рис.).

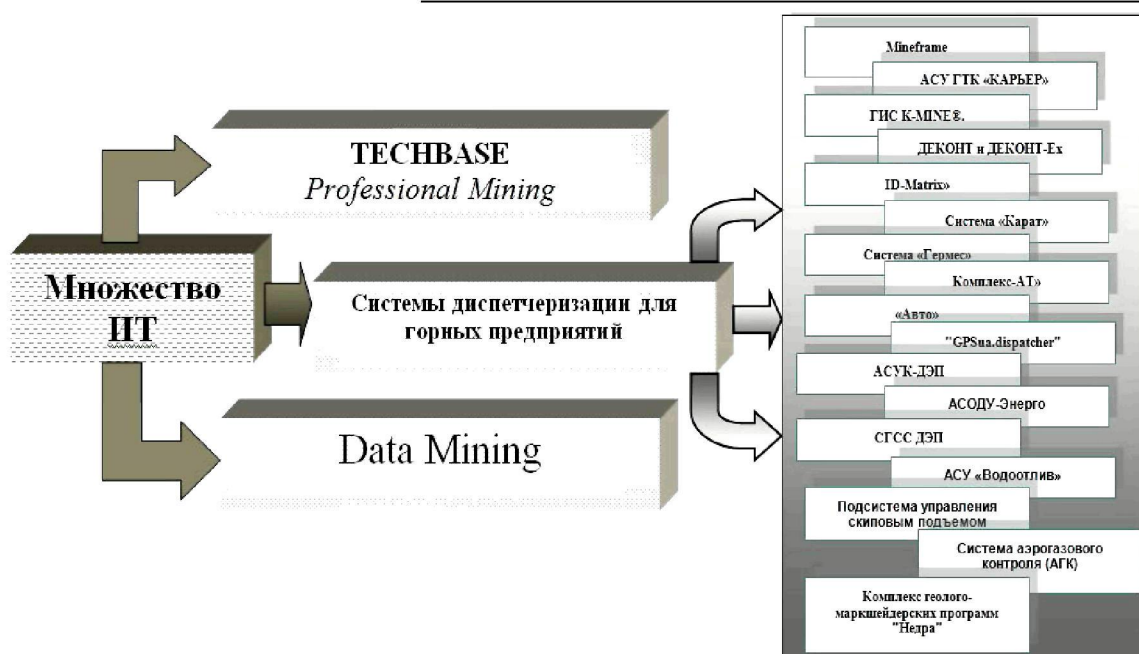


Рис. Формирование исходного множества программно-аппаратных средств

**Выбор вышеперечисленных программно-аппаратных средств предопределяет возможность интеграции на всех этапах производственного цикла.**

На следующем этапе проведен статистический анализ показателей эффективности бизнес-процессов и определены значимые факторы, определяющие выбор показателей эффективности бизнес-процессов.

Для каждого бизнес-процесса определим множество показателей эффективности  $\{P\phi_i^j\} = \{X_1 \dots X_m\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ,  $j = 1 \dots k$ . Используя методы факторного анализа, вычисляем матрицы парных коэффициентов корреляции показателей бизнес-процессов и показателей эффективности интеграции программно-аппаратных средств [2].

Методом главных компонент необходимо выразить показатели бизнес-процессов через технико-экономические, материально-технические, социально-экономические и организационные факторы  $F_i (i = \overline{1, m})$  ( $m = 4$ ):  $X_m = a_{m1}F_1 + \dots + a_{mm}F_m \dots X_1 = a_{11}F_1 + \dots + a_{1m}F_m$ , где величина показателей эффективности бизнес-процесса  $X_j (j = \overline{1, m})$  и может быть представлена как функция небольшого числа общих факторов  $F_i (i = \overline{1, m})$  для заданного уровня дисперсии исходных признаков показателей эффективности ( $\geq 70\%$ ).

В результате анализа выявлена необходимость улучшения показателей эффективности процессов добычи  $\{P\phi_i^1\}$  и транспортировки горной массы  $\{P\phi_i^2\}$  вследствие того, что параметры сложности и контролируемости данных процессов выше нормативных значений.

Полученная структура информационных технологий отражена в таблице 1.

## УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Таблица 1

### Оптимальная структура ИТ для каждого бизнес-процесса наиболее чувствительного к внедрению информационных технологий

Виды БП и ИТ		
Бизнес-процессы	Виды ИТ	Варианты реализации ИТ
<b>Добычные работы</b>	TECHBASE Professional Mining	Cross Sections
		Statistics & Graphs
		Data Storage
		Mapping
		Productivity Module
	Системы диспетчеризации	Mineframe
		ГИС K-MINE®
		Подсистема управления скиповым подъемом
		Статистические пакеты
	Data Mining	Системы рассуждений на основе аналогичных случаев
		Деревья решений (decision trees)
		Генетические алгоритмы
Logs		
Statistics & Graphs		
<b>Транспортировка горной массы</b>	TECHBASE Professional Mining	Data Storage
		Data Modeling
		Productivity Module
		ГИС K-MINE®
		ID-Matrix»
	Системы диспетчеризации	Предметно-ориентированные аналитические системы
		Статистические пакеты
		Деревья решений (decision trees)
	Data Mining	Предметно-ориентированные аналитические системы
		Статистические пакеты
		Деревья решений (decision trees)
		Деревья решений (decision trees)

Применение данной модели на горнопромышленном предприятии позволило значительно повысить показатели эффективности функционирования горнопромышленного предприятия (табл. 2).

Таблица 2

### Прирост эффективности функционирования горнопромышленного предприятия после внедрения информационных технологий

Показатель эффективности функционирования горнопромышленного предприятия	Изменение эффективности
Время производственного цикла $T_{БП}$	Уменьшилось на 15 %
Производительность $Q$ (количество обогащенной руды)	Увеличилась на 14 %
Себестоимость руды, $C$	Уменьшилась на 10 %

Таким образом, в статье представлена модель построения структуры программно-аппаратных средств, интегрируемых на промышленном предприятии с помощью методов структурно-параметрического синтеза и динамического программирования. В математической модели функционирования структуры программно-аппаратных средств учтены различные условия эксплуатации, сложность, инвариантность, полнота. Анализ оптимальных решений для всех возможных конструктивных исполнений структуры программно-аппаратных средств позволил принять научно-обоснованное решение, реализованное с помощью динамического программирования.

В процессе апробации данной модели подобраны программно-аппаратные средства, интеграция которых предопределялась возможностью интеграции в бизнес-процессы на всех этапах производственного цикла. Применение данной модели на примере горнопромышленного предприятия позволило значительно повысить показатели эффективности функционирования горнопромышленного предприятия: снизить время производственного цикла, увеличить производительность горного предприятия, уменьшить себестоимость руды на 15 %, 14 % и 10 % соответственно.

#### Список литературы

1. Гончаренко А. Н. Разработка методики комплексной оценки ИТ-проектов на промышленном предприятии / А. Н. Гончаренко // Сборник научных трудов МАДИ (ГТУ) «Методы управления потоками в транспортных системах». – М., 2009. – С. 83–94.
2. Гуськов О. И. Математические методы в геологии. Сборник задач : учеб. пос. для вузов / О. И. Гуськов, П. Н. Кушнарв, С. М. Таранов. – М. : Недра, 2006.
3. Колмогоров А. Н. Теория информации и теория алгоритмов / А. Н. Колмогоров. – М. : Наука, 2007. – 304 с.
4. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики / Ж. Матерон. – М. : Мир, 2008.
5. Федунец Н. И. Проблемы повышения производственного потенциала горнорудных предприятий по добыче медно-никелевых руд / Н. И. Федунец, С. Н. Гончаренко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 9. – С. 189–196.

#### References

1. Goncharenko A. N. Razrabotka metodiki kompleksnoj ocenki IT-proektov na promyshlennom predpriyatii / A. N. Goncharenko // Sbornik nauchnyh trudov MADI (GTU) «Metody upravlenija potokami v transportnyh sistemah». – M., 2009. – S. 83–94.
2. Gus'kov O. I. Matematicheskie metody v geologii. Sbornik zadach : ucheb. pos. dlja vuzov / O. I. Gus'kov, P. N. Kushnarev, S. M. Taranov. – M. : Nedra, 2006.
3. Kolmogorov A. N. Teorija informacii i teorija algoritmov / A. N. Kolmogorov. – M. : Nauka, 2007. – 304 s.
4. Materon Zh. Osnovy prikladnoj geostatistiki / Zh. Materon. – M. : Mir, 2008.
5. Fedunec N. I. Problemy povyshenija proizvodstvennogo potenciala gornorudnyh predpriyatij po dobyche medno-nikelevykh rud / N. I. Fedunec, S. N. Goncharenko // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. – 2006. – № 9. – S. 189–196.

УДК 681.3.069

### **АНАЛИЗ РАНЖИРОВАНИЯ ВАРИАНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ДЕФАССИФИКАЦИИ ЗНАЧЕНИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

*Хоменко Татьяна Владимировна, кандидат технических наук, Астраханский государственный технический университет, 414025, Россия, Астрахань, Татищева, 16, e-mail: t v homenko@ mail.ru.*

*Васильева Татьяна Валерьевна, ассистент, Астраханский государственный технический университет, 414025, Россия, Астрахань, Татищева, 16, e-mail: vasilevatv77@ mail.ru.*

*Существующая автоматизированная система поискового конструирования «Интеллект» обеспечивает автоматизацию ранжирования синтезированных вариантов технических решений этапа концептуального проектирования по совокупности десяти экс-*