

УДК 658.012.011

В.А. ПОПОВ, Н.В. ЕРЕМЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРЕДПРИЯТИЯ

Предложены подход к анализу сложной системы, способ обоснования информационной поддержки предприятия, методика и компьютерная программа для выбора наиболее эффективной информационной управляющей системы.

системный анализ, информационная управляющая система, автоматизация, автоматизированные системы управления, интегрированная автоматизированная система управления, конструктивное многообразие, системный эффект

Введение

В результате проведенного обзорного анализа литературы были выделены основные разделы по вопросам теории и методологии проведения системного анализа предприятий как сложных систем:

- общая теория систем, в которой изучаются теоретические и математические основы с применением строгих математических методов: математической логики, систем дифференциальных уравнений и других разделов математики [1 – 4];
- вопросы системного анализа, для изложения которых используется как язык философии, так и язык элементов математической логики [5];
- вопросы прикладного системного анализа, в рамках которых излагаются проблемно-ориентированные методики для анализа предприятий как некоторых сложных систем с целью получения рекомендаций по их совершенствованию с применением различных методов и средств – внедрение компьютерных систем управления, применение новых математических моделей для анализа и управления и т.п. [5 – 11]. В рамках данного раздела рассматриваются общие вопросы проведения системного анализа предприятия [5 – 9], построение нормативной алгоритмической модели [10, 11], построение концептуальной модели, основанной на теоретико-множественных представлениях [12], по-

строение функционально-информационной модели.

В ряде работ рассмотрены основные практические инженерные методики создания автоматизированной управляющей системы предприятия:

- стандарты (аппаратные, программные, интерфейсные и др.);
- последовательности и шаги создания информационной управляющей системы (ИУС), которые рекомендуется выполнять, как правило, с применением экспертных знаний.

Целью данной работы является обоснование целесообразности внедрения ИУС на основе анализа предприятия и описание методики выбора состава ИУС на базе основных функциональных подсистем.

1. Выделение нерешенных вопросов общей проблемы

При проведении обзорного анализа литературы были выделены основные этапы проведения системного анализа предприятия, а также ГОСТы по информационным технологиям и стадиям их внедрения. Для обоснования методики системного анализа предприятия и целесообразности проектирования и внедрения той или иной подсистемы в условиях современной элементной базы в основу работы был положен подход к декомпозиции и параметризации С.А. Валуева [5] и расчет системного эффекта

для определения целесообразности внедрения ИУС, рассмотренный В.И. Скурихиным [10, 11].

2. Изложение основного материала исследования

Предлагаемый подход к анализу сложной системы основан на принципе постепенной формализации, что позволяет построить процедуры декомпозиции сложной системы с последующей параметризацией с целью формулирования задач оптимизации всей системы в целом, а также ее отдельных фрагментов [13]. С учетом этого на предприятии могут быть выделены две основные составляющие: управляемая система (объект управления) и управляющая система (система управления) с последующим выделением в каждой из них функциональной и обеспечивающей частей с целью дальнейшего выбора наиболее целесообразных для проведения автоматизации подсистем.

Полученные в результате декомпозиции и пара-

метризации исходные данные (бизнес-процессы, организационные элементы, информационные потоки и т.д.) могут быть взяты как основополагающие при обосновании информационной поддержки (ИП) предприятия. При этом представлены два способа обоснования.

Первый основан на построении бизнес-модели в виде трех основных составляющих:

- *организационная модель* – организационная структура предприятия и роли, исполняемые в системе управления сотрудниками предприятия;
- *функциональная модель* – бизнес-процессы и события, инициирующие эти бизнес-процессы;
- *информационная модель* – схема информационных потоков в контуре управления, построенная на базе функциональной модели.

Далее осуществляется трансформация модели «как есть» в модель «как будет», которая и определит подход к функциональности программного комплекса (рис. 1).

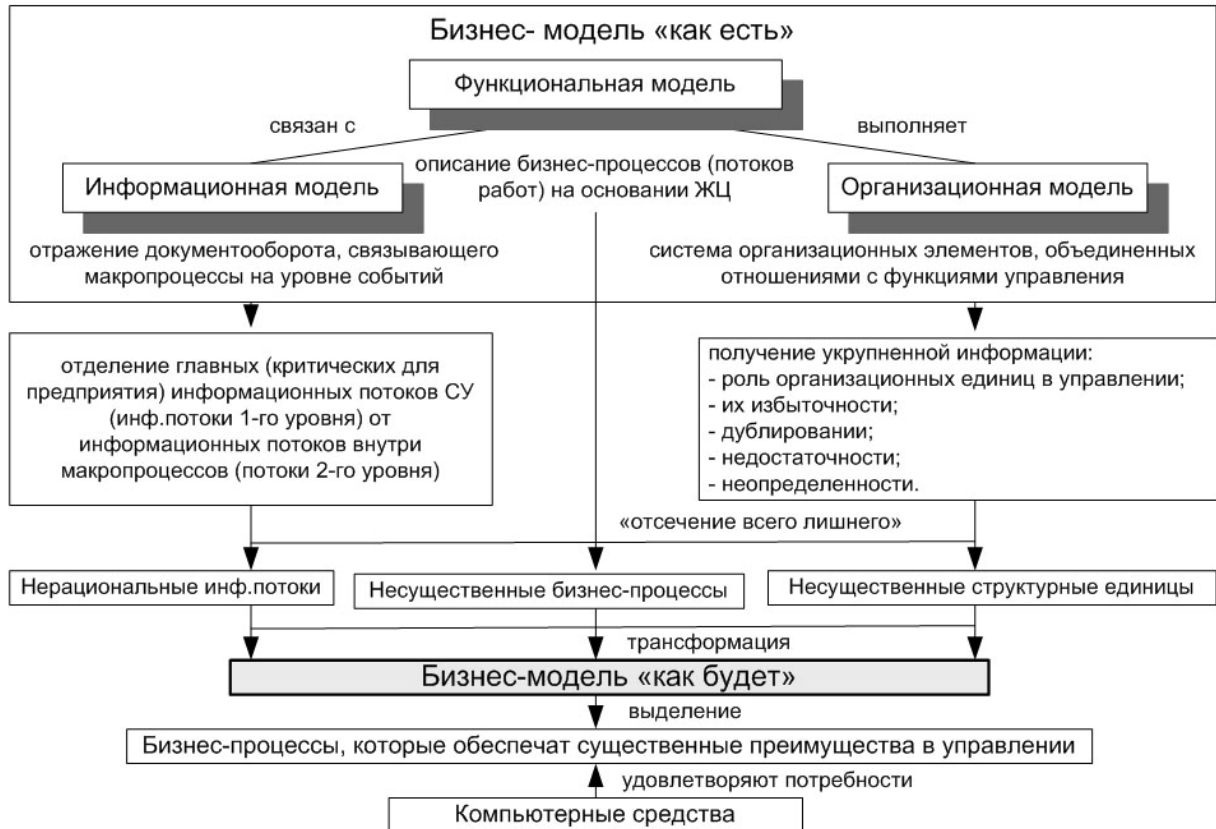


Рис. 1. Схема обоснования информационной поддержки предприятия на основе бизнес-модели

Второй способ заключается в анализе элементов организационной структуры предприятия на основе жизненного цикла изделия с дальнейшим их объединением в функциональные производственные подсистемы, которые и определяют требования к информационной поддержке предприятия. После чего осуществляется анализ рынка компьютерных средств и выбор оптимального компьютерного средства для каждой подсистемы. Обобщенный пример обоснования ИП предприятия, основанный на втором способе, приведен в [14].

Используемая для автоматизации информационная система может быть представлена в виде множества конструктивных элементов. Для более строгого представления компонентов будущей системы предлагается использовать формализованное описание конструктивного многообразия (КМ), суть которого состоит в том, что с помощью логики предикатов оказывается возможным представить отношения между элементами КМ, имеющие определенный практический смысл (совместимость аппаратно-программного обеспечения, функциональная перекрываемость, деление на части с соответствующими связями между отдельными частями и т.д.). На основании этого для формализации КМ и обоснования требований к будущей ИУС были введены:

- предикатные символы (табл. 1);

Таблица 1

Предикатные символы

Предикатные символы	Интерпретация
$p_1(x_1, x_2)$	x_1 обеспечивает функционирование x_2
$p_2(x_1, x_2)$	x_1 является частью x_2
$p_3(x_1, x_2, x_3)$	x_1 выполняет функцию x_2 для x_3
$p_4(x_1, x_2, x_3)$	x_1 характеризуется показателем x_2 с величиной x_3
$p_5(x)$	x выбрана
$p_6(x_1, x_2)$	x_1 равно значению x_2
$p_7(x_1, x_2) = x_1 \in x_2$	x_1 принадлежит классу x_2
$p_8(x_1, x_2, x_3, x_4)$	x_1 компенсирует x_2 по показателю x_3 на величину x_4

• свойства, определяющие рассматриваемый класс КМ:

– свойство функциональной обеспеченности элементов:

$$\forall x p_5(x) \cap \exists y, z p_3(y, z, x) \supset \supset \exists x_1 (p_3(x_1, z, x) \cap p_5(x_1));$$

– соотношение части и целого:

$$\forall x, y p_5(x) \cap p_2(y, x) \supset p_5(y);$$

– взаимоотношение обеспечивающего и обеспечиваемого элементов:

$$\forall x, y p_5(x) \cap p_1(y, x) \supset p_5(y);$$

– связь структуры системы со свойствами:

$$\forall x, y, z (x \in C \cap p_4(x, y, z) \supset (p_5(x) \supset \supset y = 0) \cap \overline{p_5(x)} \supset y = z);$$

– формирование компенсационных связей между элементами:

$$\bigcap_{j=1, n} x_j = f_j(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj});$$

$$\bigcap_{j=1, m} p_8(x_j, y_j, z_j, \Delta_j) \supset z_j = \sum_{k \in K_j} \overline{z_k} - \Delta_j.$$

Были рассмотрены примеры возможных вариантов конструктивных элементов, применяемых для автоматизации. На основе проведенного анализа современных ИТ-технологий были выделены основные классы информационных систем: CAD/CAM/CAE (Computer Aided Design/Manufacturing/Engineering), автоматизирующие процессы конструкторской и технологической подготовки производства, SCADA-системы (Supervisory Control and Data Acquisition), автоматизирующие технологические процессы производства, и PLM/PDM (Product Lifecycle/Data Management), автоматизирующие процессы управления данными об изделии на всем его жизненном цикле. Потребности управленческих процессов обеспечиваются системами класса ERP (Enterprise Resource Planning), автоматизирующими процессы управления производством. С учетом этого составлены каталоги современных ИТ-технологий.

Для обоснования модернизации или развития ИУС, составленной из элементов КМ, был рассмотрен системный эффект интеграции КМ АСУП и АСУТП в составе ИАСУ, предложенный В.И. Скурихиным [10, 11]. В качестве системообразующего свойства рассматривается прибыль, получаемая от реализации продукции предприятием, равная производству товарного выпуска A и прибыли p от реализации продукции стоимостью в 1 тыс. грн. Внедрение АСУП и АСУТП ведет к соответствующему увеличению как товарного выпуска, так и к росту удельной прибыли. Поэтому формулы вычисления эффекта от локального внедрения АСУП и АСУТП преобразуем к следующему виду:

$$\Delta\Pi^{АСУП} = \Pi^{АСУП} - \Pi = A^{АСУП} \cdot p^{АСУП} - A \cdot p;$$

$$\Delta\Pi^{АСУТП} = \Pi^{АСУТП} - \Pi = A^{АСУТП} \cdot p^{АСУТП} - A \cdot p.$$

Пользуясь аналогичной формулой, определим эффект от внедрения ИАСУ, состоящей из упомянутых выше АСУП и АСУТП:

$$\Delta\Pi^{ИАСУ} = \Pi^{ИАСУ} - \Pi = A^{ИАСУ} \cdot p - A \cdot p = (A^{ИАСУ} - A)p.$$

Нетрудно убедиться, что

$$\Delta\Pi^{ИАСУ} > \Delta\Pi^{АСУП} + \Delta\Pi^{АСУТП}.$$

Системный эффект составит

$$\xi = (A^{АСУП} - A) \cdot (p^{АСУТП} - p),$$

что является показателем синергетизма интегрированной системы.

В проведенных расчетах игнорирована многономенклатурность производства. Это необходимо учитывать, так как если АСУТП и АСУП оказывают вышеописанное влияние на разные изделия, то системного эффекта не получится, и поэтому по определению такое объединение АСУП и АСУТП системой считать нельзя.

Следующая экономико-математическая модель позволяет учесть многономенклатурность при выборе состава системы из максимизации системного эффекта:

$$\max_{\{x_j\}} \sum_{j=1,m} (\sum_{i=1,n} x_j \Delta p_{ij} \sum_{j=1,m} x_j \Delta A_{ij});$$

$$\sum_{j=1,m} x_j c_{jk} \leq b_k, \quad k = \overline{1, K}, \quad x_j \in \{\emptyset, 1\},$$

здесь $i = \overline{1, n}$ – индекс изделия; $j = \overline{1, m}$ – индекс задачи; $x_j = 0$, если j -я задача не включается в состав ИАСУ, и $x_j = 1$ в противном случае; c_{jk} – объем эксплуатационных расходов при эксплуатации j -й задачи по k -й статье расходов (обслуживающий персонал, оплата разработчиков и т.п.); b_k – предельный расход по k -й статье расходов.

С учетом изложенного принципа могут быть приведены следующие основные шаги определения целесообразности внедрения ИУС:

1. Определить классы задач (например, АСУП, АСУТП, САПР и АСУД), целесообразность применения которых для автоматизации управления предприятием рассматривается (с указанием конкретных задач классов).

2. Определить параметры рассматриваемых задач:

- γ – коэффициент роста товарного выпуска;
- α – коэффициент роста удельной прибыли;
- эксплуатационные расходы (единовременные затраты на разработку задач не учитываются).

3. Определить основные параметры состояния предприятия до проведения автоматизации:

- A – годовой товарный выпуск, тыс. грн.;
- p – удельная прибыль от реализации продукции на 1 тыс. грн., тыс. грн.

4. Определить эффект локального внедрения классов задач, для чего рассчитать средние параметры (средние γ , α , минимальные и максимальные эксплуатационные расходы).

5. Определить системный эффект ИАСУ.

6. Выделить классы задач, имеющих максимальное значение системного эффекта на единицу эксплуатационных расходов.

7. Для выбранных задач, входящих в состав выделенных классов задач, рассчитать: эффект локального внедрения; системный эффект и системный эффект на единицу эксплуатационных расходов. Определить задачи с максимальным значением сис-

темного ефекта на единицу эксплуатационных расходов.

8. На основании проведенных расчетов обосновать рекомендации по внедрению конкретных АСУ.

3. Пример определения целесообразности внедрения ИУС

Рассмотрим пример использования данной методики для вычисления системного эффекта. Пусть

предметом анализа является совокупность задач, целесообразность автоматизации которых характеризуется следующими параметрами (табл. 2), где A – годовой товарный выпуск в тыс. грн.; p – удельная прибыль от реализации продукции на 1 тыс. грн., тыс. грн.; γ – коэффициент роста товарного выпуска; α – коэффициент роста удельной прибыли. Рост в обоих случаях обусловлен автоматизацией, числа взяты иллюстративно.

Таблица 2

Исходные данные

Задачи	Изделия								ЭР, тыс.грн
	1		2		3		4		
	γ	α	γ	α	γ	α	γ	α	
АСУП1	1,1	1	1,5	1	1,1	1	1	1	1
АСУП2	1,2	1	1,2	1,8	1,2	1	0,8	1	2
АСУП3	1,5	1	1,1	1	1,5	1	1	1	50
АСУТП1	1	1	1,5	1	1	1,5	1	1	30
АСУТП2	1	1	1,5	1,5	1	1	1	1	5
Сост.до авт.	$A=1$	$p=2$	$A=10$	$p=0,7$	$A=100$	$p=0,1$	$A=200$	$p=3$	

Считая возможным автономное внедрение задач и рассматривая в качестве системообразующего свойства годовой экономической эффект (превышение прироста годовой прибыли над годовыми эксплуатационными расходами, единовременные затраты на разработку задач не учитываются), можно определить эффект от локального внедрения АСУП и АСУТП (табл. 3).

Таблица 3

Эффект от локального внедрения АСУП и АСУТП

Задачи	Изделия			
	ΔP_1	ΔP_2	ΔP_3	ΔP_4
АСУП1	0,2	3,5	1	0
АСУП2	0,4	8,12	2	-120
АСУП3	1	0,7	5	0
АСУТП1	0	3,5	35	0
АСУТП2	0	8,75	0	0

Кроме того, можно определить группы задач, дающих наибольший системный эффект, а также группы задач, дающих наибольший системный эффект (СЭ) на единицу эксплуатационных расходов (ЭР) (табл. 4).

Таблица 4

Системный эффект ИАСУ

	СЭ	СЭ на ед-цу ЭР
АСУП1	0	0
АСУП2	1,12	0,56
АСУП3	0	0
АСУТП1	0	0
АСУТП2	1,75	0,875
АСУТП1 и АСУТП2	35	1
АСУТП2 и АСУП2	6,37	0,91
АСУТП2 и АСУП1	35	5,833
АСУП1 и АСУП2	3,92	1,3067
АСУТП1 и АСУП3	17,5	0,21875
АСУТП1 и АСУП2	10,92	0,34125
АСУП1 и АСУТП1	3,5	0,1129
АСУП3 и АСУТП2	2,1	0,03818
АСУП1 и АСУП3	0	0
АСУП2 и АСУП3	1,68	0,03231

Из табл. 4 видно, что наибольший системный эффект дают АСУТП1 и АСУТП2 (35), АСУП1 и АСУТП2 (35). Однако при анализе системного эффекта на единицу эксплуатационных расходов видно, что наиболее целесообразной для автоматизации оказалась следующая совокупность задач: АСУП1 и АСУТП2 (системный эффект на единицу эксплуата-

ционных расходов = 5,833). При этом можно отметить, что интегральный системный эффект получается больше суммы системных эффектов от локального внедрения АСУП или АСУТП.

Для автоматизации процесса выбора системы управления разработана программа, экранная форма которой представлена на рис. 2.

Рис. 2. Окно программы

Программный продукт разработан в среде программирования Delphi7 и позволяет осуществить выбор наилучшего альтернативного проектного решения.

Приведенные задачи объединены в четыре класса: АСУП, АСУТП, САПР и АСУД. Количество сравниваемых автоматизированных систем управления неограниченно и может изменяться по желанию пользователя.

Названия программных продуктов и групп задач выбираются из соответствующих списков. При этом

предоставляется возможность добавления новых программных продуктов, не имеющих в исходном списке продуктов.

Наиболее сложные элементы управления содержат всплывающие подсказки, облегчающие работу пользователя с программой. Программный продукт имеет практичный интерфейс и отражает все промежуточные результаты.

По результатам проведенных расчетов выдаются соответствующие рекомендации о выборе наилучшего проектного решения.

Заключення

Для решения поставленных задач были использованы следующие математические методы и инструментальные средства: методы и модели системного анализа; теоретико-множественное представление, декомпозиционно-параметрический подход к анализу сложных систем; для разработки программного продукта была использована среда программирования Delphi7.

Вместе с тем, в процессе работы появились новые, нерешенные пока задачи: определение принципа построения корпоративной компьютерной сети, являющейся непременным условием внедрения ИУС; детальное изучение существующих на рынке программных продуктов для обоснованной и качественной рекомендации по выбору конкретной АСУ.

Литература

1. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы: Пер. с англ. Э.Л. Наппельбаума. – М.: Мир, 1978. – 311 с.
2. Шенфилд Дж. Математическая логика: Пер. с англ. И.А. Лаврова и И.А. Мальцева / Под ред. Ю.Л. Ершова. – М.: Наука, 1975. – 527 с.
3. Клини С.К. Математическая логика: Пер. с англ. Ю.А. Гастева / Под ред. Г.Е. Минца. – М.: Мир, 1973. – 480 с.
4. Кемени Дж., Снелл Дж., Томпсон Дж. Введение в конечную математику: Пер. с англ. М.Г. Зайцевой / Под ред. И.М. Яглома. – М.: Мир, 1965. – 486 с.
5. Системный анализ в экономике и организации производства / С.А. Валуев, В.Н. Волкова, А.П. Градов и др.; Под общ. ред. С.А. Валуева, В.Н. Волковой. – Л.: Политехника, 1991. – 398 с.
6. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э. Системный анализ в логистике / Л.Б. Миротин, Ы.Э. Ташбаев. – М.: Экзамен, 2004. – 479 с.
7. Клиланд Д., Кинг В. Системный анализ и целевое управление: Пер. с англ. М.М. Горяинова, А.В. Горбунова. – М.: Сов. радио, 1974. – 279 с.
8. Лямец В.И., Тевяшев А.Д. Системный анализ. Вводный курс: Учебное пособие. – Х.: ХТУРЭ, 1998. – 252 с.
9. Ризун В.И. Введение в теорию систем и системный анализ. – К.: ИСМО, 1999. – 169 с.
10. Автоматизированные системы управления гибкими технологиями / В.И. Скурихин, А.А. Павлов, Э.П. Путилов, С.Н. Гриша. – К.: Техника, 1987. – 166 с.
11. Основы системного анализа и проектирования АСУ / Под общ. ред. А.А. Павлова. – К.: Вища шк., 1991. – 364 с.
12. Макаров С.С., Зиборов М.В. Теоретико-множественные модели принятия решений в медицинской практике // Известия ТРТУ. Специальный выпуск. Материалы LI научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и сотрудников ТРТУ. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – № 9 (53) - 332 с.
13. Попов В.А. Декомпозиционно-параметрический подход к анализу сложных систем // Системи обробки інформації. – 2004. – Вип. 8(36). – С. 151-156.
14. Попов В.А., Попова М.В. Алгоритм построения информационной поддержки промышленного предприятия // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2005. – № 4 (12). – С.53-62.

Поступила в редакцию 27.06.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков.