

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ УБЫТОЧНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ «ШЕСТЬ СИГМ»

© 2006 А. И. Осипов, М. В. Скиба

Самарский государственный аэрокосмический университет

Рассматривается методический подход к практическому применению управления убытками промышленного предприятия на основе эконометрического анализа и системы «Шесть сигм».

«Шесть сигм» - это гибкая система совершенствования делового лидерства и показателей эффективности. Благодаря заимствованию инструментов и идей из разных дисциплин система «Шесть сигм» позволяет улучшать не только результаты, но и сам процесс совершенствования [1].

Управление в системе «Шесть сигм» основано на «измерении» - отслеживании результатов работы компании и последующем сопоставлении этих показателей с источником целей по достижению идеального качества работы. Главной целью становится динамическое программирование: постоянное изменение интереса, формирование изменения целевой функции на основе ключевых критериев, выбранных методов анализа ключевых переменных из факторного пространства и оптимизация результатов [2].

Основным инструментом системы «Шесть сигм» является максимизация отношения приращения целевой функции к приращению издержек, например, производной качества по издержкам. Предприятия, идущие по пути «Шесть сигм», каждые восемнадцать месяцев удваивают соотношение качество/издержки, $\Delta K/\Delta t = 2^{t/18}$. Так как издержки производства, как правило, пропорциональны времени, то целевая функция должна экспоненциально возрастать:

$$K = \int_0^t 2^{t/18} dt = 18 \frac{2^{t/18}}{\ln 2} \Big|_0^t = \frac{18}{\ln 2} (2^{t/18} - 1). \quad (1)$$

В управлении предприятием можно комбинировать два критерия: экономию затрат и получение наибольшей прибыли. Тогда управление называется «проактивным».

Его характерными чертами являются [1]: опережение событий действиями; постановка и частый пересмотр амбициозных целей; четкая расстановка приоритетов; предотвращение проблем; выяснение вопроса: «Почему мы так делаем?».

Проактивность – единственный способ удержаться, возможность получить единственно правильное решение задачи, если оно существует [1]. Такой подход математически соответствует безусловной оптимизации по методу, например, наискорейшего градиентного спуска [3]. В противоположность ему «реактивное» управление современными предприятиями России приводит к потере контроля над событиями. Это связано также и с тем, что управляемыми переменными являются, как правило, агрегированные комплексы первого уровня соподчиненности, например, себестоимость продукции, объем производства, переменные и постоянные затраты. Все они взаимосвязаны, поэтому изменение одних приводит к нежелательному изменению других и непредсказуемому варьированию целевой функции.

Задачами «Шести сигм» являются: выявление переменных в бизнес-процессе и расходных факторах, которые чувствительно влияют на результат – целевую функцию Y , и использование приращения ΔY для постоянной настройки управления. В системе менеджмента качества отец системы «Шесть сигм» Билл Смит предложил использовать характеристику СТQ (КДК) – critical to quality (критерий, пограничный для качества [2]). По параметру выхода готовой продукции предприятие должно стремиться к уровню 99,99997 %, что соответствует радиусу поля

рассеяния в системе «бS», где S - среднеквадратическое отклонение нормального закона распределения размера детали от номинального. Таким образом, ширина поля допуска должна стремиться к величине 12s, а число дефектов на миллион возможностей (ДНМВ) составлять 3-4 [2]. Целевую функцию системы «бS» в случае убыточного предприятия можно трансформировать в величину потерь (дефектов) на всех операциях процесса.

У организации «бS» уровень развития экономики может быть ниже идеального или достигнутого другими. Однако организация постоянно должна быть на пути к этому уровню. Причем мероприятия должны быть планомерными и широкомасштабными, улучшающими все процессы для построения системы «замкнутого цикла». В этом состоит «культура непрерывного обновления» [1]. Коротко поэтапный процесс системы «бS» формулируется как DMAIC: формулируйте – измеряйте – анализируйте – совершенствуйте – контролируйте [2].

На этапе формулирования («define») модели DMAIC после выделения важной проблемы минимизации функции убытков Y необходимо определить немногочисленные факторы, которые надо измерить, проанализировать, улучшить [2]. Для выявления их были использованы статьи бухгалтерского баланса предприятия (годовые и квартальные отчеты об экономической и финансовой деятельности): x_1 - основные средства и нематериальные активы; x_2 - незавершенное строительство; x_3 - финансовые вложения; x_4 - запасы; x_5 - налог на добавленную стоимость по приобретенным ценностям; x_6 - дебиторская задолженность; x_7 - денежные средства; x_8 - сумма прочих внеоборотных и оборотных активов; x_9 - уставный капитал; x_{10} - добавочный капитал, фонд социальной сферы, нераспределенная прибыль прошлых лет, резервы предстоящих расходов и прочие краткосрочные обязательства; x_{11} - резервный капитал; x_{12} - целевые финансирование

и поступления; x_{13} - нераспределенная прибыль (непокрытый убыток) отчетного года; x_{14} - займы, кредиты и прочие долгосрочные обязательства; x_{15} - кредиторская задолженность; x_{16} - задолженность перед участниками по выплате доходов и доходы будущих периодов. Перечисленные факторы образуют полную группу: они попарно не пересекаются и в целом составляют актив (x_1, \dots, x_8) и пассив (x_9, \dots, x_{16}) стандартного баланса любого предприятия.

С помощью корреляционного анализа в среде MS Excel (пакет «Анализ данных») были выявлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на исследуемую функцию убытков в случае *авиастроительного* и *машиностроительного* производств.

На первом предприятии в результате анализа были выявлены следующие факторы: $x_4, x_5, x_7, x_{13}, x_{14}, x_{15}$, на втором - $x_2, x_3, x_4, x_{12}, x_{13}$. Как видно, одновременно для двух предприятий коэффициент корреляции оказался значительным только у двух факторов: x_4 и x_{13} .

На этапе измерения («measure») модели DMAIC после выбора пограничной для качества (CTQ) характеристики процесса оптимизации Y необходимо проверить систему измерения Y на достоверность получаемых результатов [2]. В среде MS Excel (пакет «Анализ данных») на основе регрессионного и дисперсионного анализов были получены уравнения линейной регрессии.

Для первого (авиастроительного) предприятия:

$$Y_{1,1} = -517832 + 2,302 x_4 + 25,108 x_5 + 1,264 x_{13} - 1,584 x_{14}, \quad (2)$$

$$Y_{1,2} = -473304 + 1,671 x_4 + 20,371 x_5 - 0,485 x_7 + 1,527 x_{13} - 1,276 x_{14} + 0,732 x_{15} \quad (3)$$

и для второго (машиностроительного) предприятия:

$$Y_{2,1} = -1577 - 0,87319 x_2 + 4,680445 x_3 + 3,156997 x_{12} - 0,51812 x_{13}, \quad (4)$$

$$Y_{2,2} = -3009 + 5,108842 x_3 - 0,55365 x_{13}. \quad (5)$$

Достоверность уравнений (2-5) проверялась по общепринятым оценкам: коэффициенту детерминации R^2 , критериям Фишера – Снедекора F и Стьюдента t [4]. Одновременно всем трем критериям не удовлетворяло ни одно из полученных уравнений. Это связано, по-видимому, с ярко выраженной нелинейностью зависимости целевой функции убытков Y от факторов баланса обоих предприятий.

На этапе анализа («analyze») модели DMAIC необходимо [2]: сформулировать задачи по совершенствованию целевой функции Y ; идентифицировать источники отклонений в Y ; рассортировать по степени важности потенциальные причины, вызывающие изменения в Y , и выделить немногие важные факторы. На данном этапе определена эластичность нелинейной целевой функции убытков, показывающей степень влияния выбранных факторов на Y . Исследование параметрической чувствительности

$$a_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \quad (6)$$

четырёхфакторной и шестифакторной линейных моделей (2) и (3) для первого предприятия позволило оценить частные производные целевой функции:

$$a_4 = 1,6, \dots, 2,3; a_5 = 20,3, \dots, 25,1; a_7 = -0,5; a_{13} = 1,2, \dots, 1,5; a_{14} = -1,6, \dots, -1,2; a_{15} = 0,7. \quad (7)$$

Для вычисления эластичности была использована приближенная формула [4]:

$$E_{x_i}^y = a_i \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}}, \quad (8)$$

где \bar{x}_i, \bar{y} - выборочные средние величины факторов и убытков.

В четырёхфакторной линейной модели (2) для первого (авиастроительного) предприятия коэффициенты эластичности функции Y_1 равны: $E_4^y = 19,890$, $E_5^y = 7,219$, $E_{13}^y = -0,230$, $E_{14}^y = -10,882$. Таким образом,

по фактору x_4 целевая функция Y_1 имеет наибольшую положительную эластичность, по фактору x_{14} – отрицательную, а эластичность по фактору x_{13} близка к нулю. Последнее означает, что степень влияния фактора x_{13} весьма мала, и его можно не учитывать в нелинейной модели. В шестифакторной линейной модели (3) коэффициенты эластичности равны: $E_4^y = 14,436$, $E_5^y = 5,858$, $E_7^y = 0,623$, $E_{13}^y = -0,286$, $E_{14}^y = -8,766$, $E_{15}^y = 4,084$. Здесь эластичность по факторам x_4, x_5, x_{14} осталась практически на прежнем уровне, а эластичность по факторам x_7 и x_{13} незначительна.

Для второго (машиностроительного) предприятия в четырёхфакторной модели (4) коэффициенты эластичности равны: $E_2^y = -1,414$; $E_3^y = 0,96$, $E_{12}^y = 0,218$, $E_{13}^y = 0,66$. Таким образом, по фактору x_2 целевая функция Y_2 имеет наибольшую отрицательную эластичность, по фактору x_3 - наибольшую положительную эластичность, а эластичность по фактору x_{12} близка к нулю, т. е. степень его влияния достаточно мала. В двухфакторной модели (5) коэффициенты эластичности функции убытков Y_2 равны: $E_3^y = 1,052$, $E_{13}^y = 0,747$. В данной линейной модели эластичность по факторам x_3, x_{13} лишь незначительно увеличилась.

В результате проведенного исследования чувствительности и эластичности была выбрана форма и построена нелинейная регрессия убытков авиастроительного предприятия Y_1 на два основных режимных фактора: x_4 и x_{14} . Вид функции Y_1 в трехмерном пространстве $Y_1 = f(x_4 \otimes x_{14})$ показан на рис. 1, а ее линии уровня $Y_1 = \text{const}$ – на рис. 2.

Как видно на рис. 1 и 2, функция убытков авиастроительного предприятия представляет собой «крутой овраг» с «пологим дном» в области начала координат. Вдоль биссектрисы B первой четверти (рис. 2) при одновременном увеличении обоих факторов убытки уменьшаются, однако слева (направление z) и справа (направление v) от нее резко возрастают. По итогам предыдущего периода первое предприятие находится в точке a (рис. 2): $x_4^0 = 682258$ тыс. руб., $x_{14}^0 = 506688$ тыс. руб. При этом убытки состав-

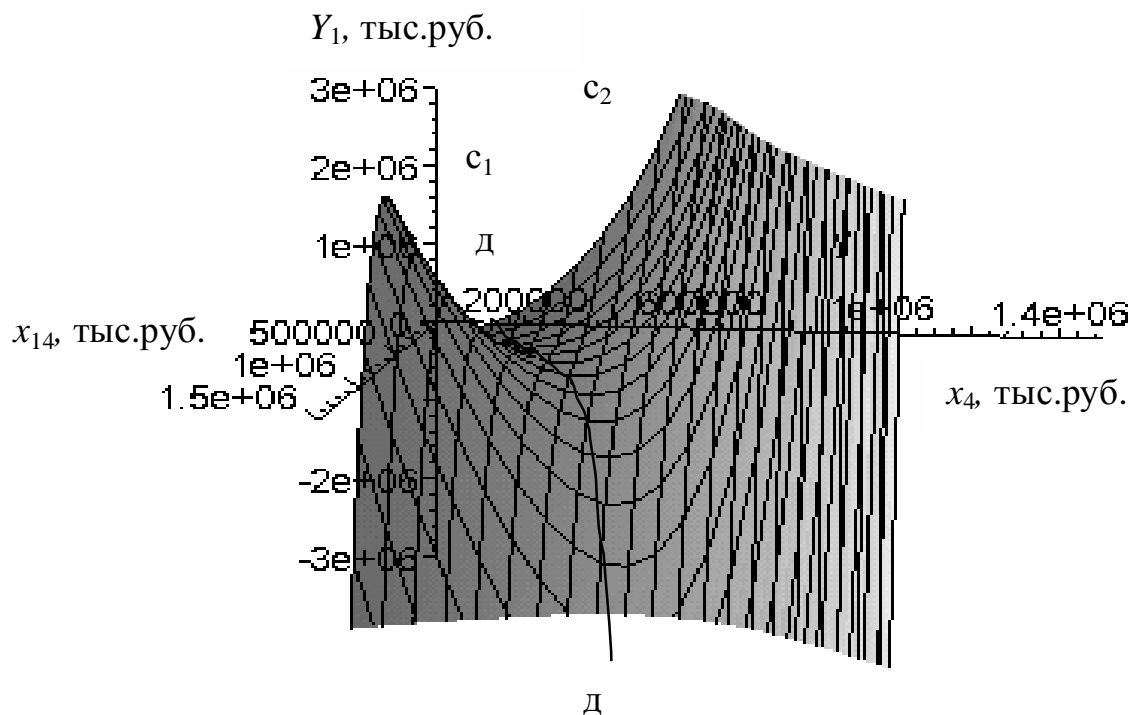


Рис. 1. Нелинейная функции убытков авиастроительного предприятия Y_1 в трехмерном изображении $Y_1 \otimes x_4 \otimes x_{14}$: Y_1 - убытки; x_4 - запасы; x_{14} - займы, кредиты; дд - «дно оврага»; c_1, c_2 - «склоны оврага»

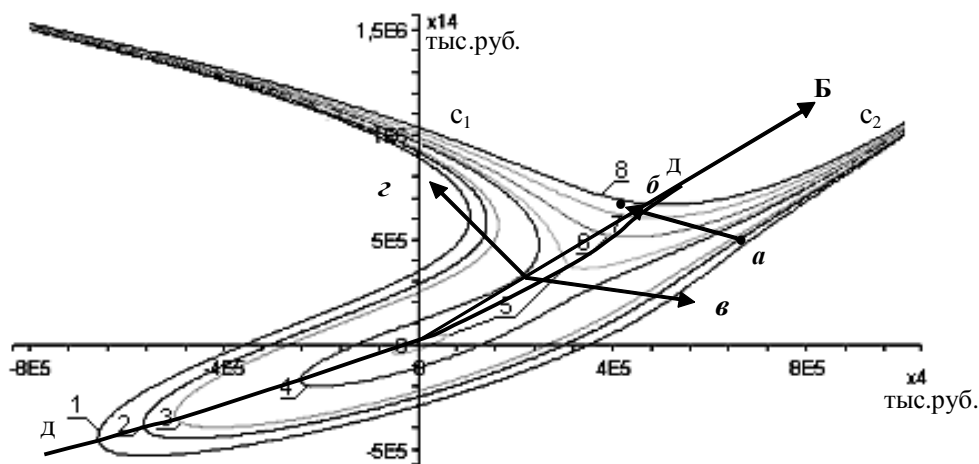


Рис. 2. Линии уровня обобщенной целевой функции убытков $Y_1 = const$ в факторном пространстве $x_4 \otimes x_{14}$: Y_1 - убытки; x_4 - запасы; x_{14} - займы, кредиты;
 $1 - Y_1 = 1 \times 10^6$; $2 - Y_1 = 0,682 \times 10^6$; $3 - Y_1 = 0,5 \times 10^6$; $4 - Y_1 = 0$; $5 - Y_1 = (-0,144 \times 10^6)$;
 $6 - Y_1 = (-0,5 \times 10^6)$; $7 - Y_1 = (-1 \times 10^6)$; $8 - Y_1 = (-1,5 \times 10^6)$;
 дд - «дно оврага»; c_1, c_2 - «склоны оврага»; Б - биссектриса; в, г - направления увеличения убытков;
 а, б - точки, характеризующие финансовое состояние предприятия; 5 - область «полого дна»

ляют: $Y_1^0 = 929994,9$ тыс. руб., и процесс их минимизации начинается с правой стороны «оврага» по отношению к биссектрисе B .

На этапе совершенствования («improve») маршрутной карты программы «Шесть сигм» необходимо [2]: определить переменные взаимозависимости между многими жизненно важными факторами x_i ; установить операционные границы допустимого отклонения x_i ; проверить систему измерения x_i на достоверность получаемых результатов. Для этого в среде MS Excel с использованием пакета «Поиск решения» - «Метод градиентного спуска» осуществился один шаг в сторону минимизации убытков первого предприятия (табл. 1).

Как видно из табл. 1, в результате первого шага минимизации по направлению градиента в исходной точке a (рис. 2) можно «спуститься» на «дно оврага», и убытки становятся отрицательными. В этой точке b (рис. 2): $x_4^1 = 409354,8$ тыс. руб., $x_{14}^1 = 673334,7$ тыс. руб. *авиастроительное предприятие* должно получить долгожданную прибыль в размере $\Pi_1^1 = -Y_1^1 = 1\,332\,942$ тыс. руб.

На этапе контроля («control») модели DMAIC необходимо определить способ контролирования x_i и реализовать систему контроля за фактором x_i . На этом этапе были выработаны рекомендации по изменению выявленных факторов.

Так, для *авиастроительного предприятия* целесообразно сокращение запасов x_4 , что, однако, сопровождается уменьшением актива баланса. С другой стороны, увеличение займов, кредитов и других долгосрочных обязательств x_{14} неизбежно приведет к увеличению пассива баланса. В результате таких противоречивых действий равновесие актива и пассива неизбежно нарушится.

Сохранение равновесия баланса возможно за счет двух финансовых операций:

1. Изменения статей баланса, слабо влияющих на целевую функцию убытков в соответствии с коэффициентами корреляции.

2. Изменения других факторов актива и пассива, оказывающих противоположное x_4 и x_{14} влияние на целевую функцию Y_1 в соответствии с ее линейными формами (2) и (3).

Согласно значениям коэффициентов корреляции слабое влияние на целевую функцию Y_1 оказывает фактор актива x_8 ($r_{8Y} = -0,174$), причем это влияние противоположно по отношению к фактору x_4 ($r_{4Y} = 0,941$). Поэтому компенсировать уменьшение запасов можно за счет увеличения прочих внеоборотных и оборотных активов x_8 .

Слабое действие на целевую функцию оказывает единственный фактор пассива x_{16} ($r_{16Y} = 0,172$). Поэтому уменьшение задолженности перед участниками по выплате доходов и снижение доходов будущих периодов одновременно с увеличением x_{14} ($r_{14Y} = 0,499$) может уравновесить баланс, но не улучшить целевую функцию.

В целом размер статей x_8 и x_{16} ограничен и может быть недостаточным для компенсации необходимого уменьшения запасов x_4 и увеличения займов, кредитов и прочих долгосрочных обязательств x_{14} . Эффективной с точки зрения сокращения убытков авиастроительного предприятия является вторая финансовая операция. Возможное уменьшение запасов x_4 ($a_4 = 1,671$) целесообразно проводить одновременно с увеличением денежных средств x_7 ($a_7 = -0,485$), так как чувствительность целевой функции к ним противоположная.

Необходимое увеличение фактора x_{14} ($a_{14} = -1,276$) желательно проводить одновре-

Таблица 1. Исходные значения факторов x_4 , x_{14} и результаты первого шага градиентного поиска минимума функции убытков Y_1 *авиастроительного предприятия*

№ шага	Факторы			Y_1
	Состояние	x_4	x_{14}	
0	Исходные значения	682 258	506 688	929 994,9
1	Первый шаг	409 354,8	673 334,7	-1 332 942

менно с уменьшением факторов x_{13} ($a_{13} = -1,527$) и x_{15} ($a_{15} = 0,732$). Это означает, что необходимо, во-первых, своевременно распределять прибыль отчетного года x_{13} и, во-вторых, сокращать кредиторскую задолженность перед поставщиками и подрядчиками; дочерними и зависимыми обществами; персоналом предприятия; государственными внебюджетными фондами; бюджетом и прочими кредиторами; по полученным авансам и векселям к уплате x_{15} .

Результаты эконометрического анализа нелинейной функции убытков Y_2 машиностроительного предприятия показали, что все коэффициенты детерминации $R^2 > 0,9$, уровень значимости критерия Фишера – Снедекора $F=4,7 \cdot 10^{-7}$, а P – значение всех t -статистик Стьюдента менее 0,1. Это свидетельствует в пользу принятия гипотезы о множественной нелинейной регрессии в виде:

$$Y_2 = -6805,81 + 0,17 \cdot 10^{-3} x_1^3 - 0,16 x_3^2 + 49,85 x_3 - 1,03 x_{13} + 3,59 \cdot 10^{-8} x_3 x_{13}. \quad (9)$$

На рис. 3 показана зависимость убыт-

ков Y_2 машиностроительного предприятия от финансовых вложений x_3 и непокрытых убытков прошлых лет x_{13} .

Исследование эластичности функции Y_2 позволило установить коллинеарность между Y_2 и финансовыми вложениями x_3 , что открывает возможность управлять убытками с помощью последних. Так, при уменьшении финансовых вложений с 513 тыс. руб. до 365 тыс. руб. при постоянной сумме непокрытых убытков прошлых лет прибыль предприятия может возрасти с $\Pi_2^0 = -Y_2^0 = 140$ тыс. руб. до $\Pi_2^1 = -Y_2^1 = 1500$ тыс. руб., т. е. более чем в 10 раз.

Согласно предложенной методике управления по истечении следующего квартала необходимо провести мониторинг полученных данных нового бухгалтерского баланса предприятия. Затем построить заново модель DMAIC, оценить, в каком направлении движется предприятие, определить другие наиболее сильно влияющие факторы и провести повторную минимизацию целевой функции убытков.

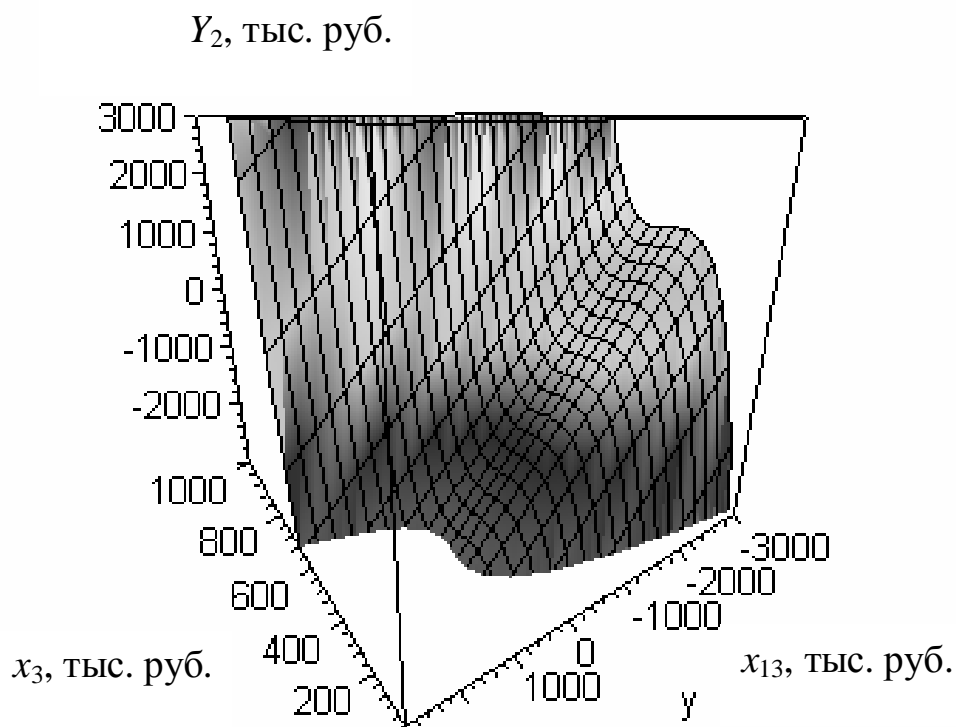


Рис. 3. Трехмерное изображение нелинейной функции убытков машиностроительного предприятия Y_2 в факторном пространстве $x_3 \otimes x_{13}$: Y_2 - убытки; x_3 - финансовые вложения; x_{13} - нераспределенная прибыль (непокрытый убыток); дд - «дно оврага»; с₁, с₂ - «склоны оврага»

Выводы

1. Впервые применена система управления качеством «Шесть сигм» к управлению экономикой предприятия. Система не только адаптирована для новых условий, но и формализованы в конкретный математический алгоритм ее вербальные положения. Таким образом, построена модель процесса управления с полным комплектом ее стадий в соответствии с имеющимися рекомендациями [5].

2. Обоснован выбор целевой функции управления убытками предприятия.

3. Впервые определены управляемые переменные – шестнадцать статей баланса предприятия, составляющие полную группу факторного пространства.

4. На основе корреляционного анализа из шестнадцати статей баланса предприятия выбраны факторы, оказывающие наибольшее влияние на целевую функцию управления.

5. Разработана методика управления убытками, включающая пять этапов, снабженных необходимым инструментарием с использованием стандартных пакетов MS Excel.

6. Методика апробирована на двух предприятиях: авиастроительном и машиностроительном, для управления которыми выработаны конкретные рекомендации.

Список литературы

1. Курс на Шесть Сигм: Как General Electric, Motorola и другие ведущие компании мира совершенствуют свое мастерство / П. С.Пенди, Р. П.Ньюмен, Р. Р.Кэвенг / Перевод с англ. – М.: «ЛОРИ», 2002.

2. Брю Г. Шесть сигм для менеджеров / Грег Брю. – Пер. с англ. В. Н. Егорова. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004.

3. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учебное пособие для вузов / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М.: Высшая школа, 2004.

4. Эконометрика: Учебник / И. И. Елисеева, С. В. Курышева, Т.В. Костеева и др.; Под ред. И. И. Елисеевой. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Финансы и статистика, 2005.

5. Шикин Е. В., Чхартишвили А. Г. Математические методы и модели в управлении: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. – М.: Дело, 2002. (Сер. «Наука управления»).

**METHODS OF MANAGING AN NPROFITABLE BUSINESS
ON THE BASIS OF «SIX SIGMAS» SYSTEM**

© 2006 A. I. Osipov, M. V. Skiba

Samara State Aerospace University

The paper deals with a methodical approach to practical use of managing an industrial enterprise's losses on the basis of econometric analysis and «Six Sigmas» System.