

УДК 658.5.012.7

Л. А. ИСМАГИЛОВА, Л. В. СИТНИКОВА

## СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Рассматривается проблема оценки и обеспечения устойчивости функционирования интегрированных производственных систем. Определены различные аспекты устойчивости: финансовый, технологический, организационно-правовой, структурный. Выявлены особенности оценки финансовой устойчивости систем, определяющие синергетический эффект от интеграции группы предприятий в систему. Представлена системная модель оценки устойчивости интегрированной структуры и ситуационного управления ее поведением. *Системная методология; интегрированная производственная система; устойчивость; финансовая устойчивость; модели; моделирование; управление*

Реалией современного этапа развития новых структур рыночной экономики стала интеграционная тенденция. В последние годы активно происходят организационно-экономические преобразования предприятий России в современные, отвечающие мировой практике интегрированные производственные системы (ИПС), такие, как: концерны, холдинги, финансово-промышленные группы, ассоциации, союзы и проч. Многие из них после преобразования укрепляют свои позиции на рынке и расширяют сферы деятельности. Нельзя не отметить и тот факт, что наряду с интеграционными процессами в экономике имеют место процессы дезинтеграции — разукрупнения предприятий с выделением самостоятельных производств, имеющих статус юридического лица и нередко с сохранением контроля со стороны материнской компании. Однако процессы образования и дезинтеграции ИПС носят в большей степени субъективный характер, являясь отражением политических процессов, сиюминутных интересов и краткосрочных целей. Независимо от конкретного вида и пути создания, ИПС в целом и их структурные подразделения оперируют значительными ресурсами, потеря которых в случае неэффективного функционирования оказывается болезненной не только для самой ИПС, но и для экономики региона в целом. Проблема обеспечения устойчивого функционирования интегрированных производственных систем становится особенно актуальной в условиях нестабильности институциональных отношений в стране и регионах.

Понятие «устойчивость» применяется для описания постоянства какой-либо черты изучаемой системы, т. е. ее неизменности. Говоря об устойчивости, следует определить, множество каких черт системы является существенным для исследования, и охарактеризовать возмущения, относительно которых система устойчива.

Под устойчивостью ИПС понимается способность функционировать, достигая поставленных целей при неизбежных возмущениях внешней среды, вносящих неопределенность в процессы функционирования и процессы управления.

ИПС представляет собой сложную структуру функционально, технологически и финансово взаимосвязанных подсистем, взаимодействующих в рамках определенных организационно-правовых отношений. Подсистемы ИПС, в свою очередь, являются сложными, многофункциональными организациями со своими целями функционирования, своими технико-экономическими особенностями и финансово-экономическими характеристиками. Целесообразность интеграции производства и образования групп предприятий определяется повышением устойчивости крупных производственных структур в рыночной среде. Этот тезис справедлив не на всех этапах развития экономики. Поэтому разработка моделей оценки устойчивости ИПС и использование их при управлении на этапах анализа и синтеза систем представляется актуальной задачей междисциплинарных исследований.



Описанные в литературе и применяемые на практике методы финансово-экономического анализа предприятий и организаций позволяют, используя финансовую отчетность, рассчитать группы финансовых показателей и, сравнивая их значения с рекомендуемыми, сделать вывод о состоянии предприятия.

При объединении предприятий в интегрированные ИПС оценка финансовых результатов ИПС не обязательно равна сумме оценок финансовых результатов ее подсистем. Кроме того, устойчивость ИПС характеризуется производственно-технологическими и организационно-правовыми отношениями, структурной и функциональной характеристиками. Поэтому при анализе ИПС и синтезе эффективных и устойчивых промышленных объединений предлагается ввести следующие виды устойчивости, отражающие существенные черты ИПС: финансово-экономическую, организационно-правовую, функционально-технологическую, структурную.

Для решения поставленной проблемы необходимо разработать измерители, оценивающие как отдельные виды устойчивости ИПС и ее элементов, так и устойчивость ИПС в целом. Таким образом, устойчивость ИПС — это комплексный критерий, охватывающий различные стороны функционирования системы, который может быть применен для анализа разных этапов жизненного цикла ИПС (создание, функционирование, развитие).

Обобщенная модель оценки устойчивости ИПС и ситуационного управления может быть представлена в виде иерархической совокупности множества показателей, расчет которых на каждом уровне ведется по собственным алгоритмам и правилам:

$$M = \{Stab, \{U\}\},$$

$$Stab = \{F(A), Str(G), T(\Theta), J(leg)\},$$

где  $M$  — теоретико-множественное представление системной модели;  $Stab$  — модель оценки устойчивости (sustainable);  $F(A)$  — множество показателей финансовой устойчивости, вычисляемых по множеству  $A$  алгоритмов;  $Str(G)$  — множество структур системы, описываемых графовыми моделями  $G$ , с помощью которых рассчитываются показатели производственного, технологического, информационного, транспортного и других видов взаимодействия подсистем. Структура системы является основой для расчета  $F(A)$ ;

$T(\Theta)$  — множество показателей технологического и производственного характера, поддерживающих интеграцию подсистем. Расчеты и качественные оценки важности взаимодействия  $\Theta$  определяются алгоритмическим, статистическим и экспертным путем;  $J(leg)$  — логическая модель выбора организационно-правовых форм и законодательных  $leg$  актов, определяющих статус ИПС;  $\{U\}$  — множество моделей ситуационного управления, обеспечивающих эффективное и устойчивое функционирование ИПС.

Модель  $M$  — это открытая система моделей, которая может дополняться и уточняться по мере получения новых знаний об объекте и создания новых алгоритмов и программ обработки данных.

В данной статье рассматривается ситуация оценки финансовой устойчивости  $F(A)$  системы при условии, что структура, технологические и организационно-правовые отношения не меняются

$$Stab = \{F(A) | Str(G), T(\Theta), J(leg)\}$$

и приводится алгоритм логического выбора решений с использованием энниграмм.

В настоящее время финансовый аспект анализа ИПС затрагивает оценку финансовых результатов, получаемых при изменении структуры путем слияния или поглощения компаний без учета степени влияния на эти показатели устойчивости отдельных структурных подразделений, т. е. для исследования устойчивости ИПС и отдельного предприятия используется одна и та же методика. Такой подход не учитывает синергетического эффекта, выраженного в следующем: финансовое положение ИПС улучшается (в соответствии с целями интеграции) в результате объединения отдельных предприятий в единую систему.

Финансовая устойчивость системы может быть определена с помощью модели  $F(A)$ , построение которой предполагает решение следующих задач:

- выбора и обоснования показателей оценки финансовой устойчивости системы и ее элементов;
- построения алгоритмов расчета показателей финансовой устойчивости интегрированной системы через показатели подсистем и элементов;
- разработки правил формирования структуры системы с использованием модели финансовой устойчивости, обеспечивающей наилучший запас устойчивости;



– разработки критерия ситуационного управления по оценке финансовой устойчивости ИПС в динамике.

При разработке модели финансовой устойчивости интегрированной системы используются следующие предположения и принципы:

– во-первых, считается, что финансовая устойчивость интегрированной системы достижима, даже если среди ее элементов есть финансово неустойчивые предприятия;

– во-вторых, предполагается, что цели системы и ее подсистем могут не совпадать;

– в-третьих, рассматриваются предприятия в составе ИПС не только по функциям в производственном процессе, по технологическим особенностям, но и по региональному и институциональному статусу;

– в-четвертых, используется утвержденная государством информационная база предприятий и организаций – финансовая и статистическая отчетность.

В общем виде модель финансовой устойчивости может быть представлена следующим образом:

$$\text{Stab} = \{F(A)\}, \quad F(A) = \{f_m(\alpha_m)\},$$

где  $F(A)$  – множество подмоделей  $f_m(\alpha_m)$  оценки финансовой устойчивости, каждая из которых определяет некоторый набор коэффициентов и алгоритмы  $\alpha_m$  их расчета и анализа. Эти алгоритмы являются достаточно простыми расчетными схемами.

Наибольшая степень формализации достигается при описании модели финансовой устойчивости через известные финансовые показатели (коэффициенты). Проведенный анализ экономического содержания показателей позволил выделить пятнадцать коэффициентов  $K_j$ ,  $j = 1, 15$ , не связанных между собой функциональной зависимостью (такая зависимость между отдельными коэффициентами является следствием линейной зависимости между отдельными строками баланса). Выделяя функционально независимые коэффициенты, удастся решить задачу выбора и обоснования показателей финансовой устойчивости ИПС и сформировать множество подмоделей  $f_m(\alpha_m)$  оценки устойчивости с позиции:

$f_1(\alpha_1) = \alpha_1 : (K_1, K_2)$  – имущественного положения предприятия;

$f_2(\alpha_2) = \alpha_2 : (K_3, K_4, K_5)$  – достаточности оборотных средств;

$f_3(\alpha_3) = \alpha_3 : (K_6, K_7, K_8, K_9)$  – структуры капитала;

$f_4(\alpha_4) = \alpha_4 : (K_{10}, K_{11}, K_{12}, K_{13})$  – ликвидности и платежеспособности;

$f_5(\alpha_5) = \alpha_5 : (K_{14}, K_{15})$  – рентабельности производства;

где коэффициенты:  $K_1$  – соотношения оборотных и внеоборотных активов;  $K_2$  – имущества производственного назначения,  $K_3$  – обеспеченности собственными оборотными средствами;  $K_4$  – обеспеченности запасов собственными оборотными средствами;  $K_5$  – маневренности собственного капитала;  $K_6$  – финансовой независимости;  $K_7$  – отношения долгосрочных обязательств к активам;  $K_8$  – уровня чистых активов;  $K_9$  – накопления собственного капитала;  $K_{10}$  – абсолютной ликвидности;  $K_{11}$  – быстрой ликвидности;  $K_{12}$  – текущей ликвидности;  $K_{13}$  – общей платежеспособности;  $K_{14}$  – рентабельности совокупного капитала;  $K_{15}$  – рентабельности собственного капитала.

Финансовая устойчивость ИПС, состоящей из нескольких ( $n$ ) структурных подразделений, зависит от финансовой устойчивости этих элементов. Элементы ИПС различного функционально-технологического назначения имеют различные структуры балансов. Это различие приводит к тому, что финансовая устойчивость или неустойчивость отдельных подразделений по-разному влияет на финансовую устойчивость системы в целом. При построении алгоритмов определения показателей финансовой устойчивости системы через соответствующие показатели подсистем проявляется принцип синергетики, когда эффект от сложения значений показателей не равен сумме этих значений. В общем виде модель расчета коэффициентов финансовой устойчивости системы может быть представлена в следующем виде:

$$K_j(\beta_j) = \beta_j : (k_{1j}, k_{2j}, \dots, k_{nj}, \zeta_{1j}, \zeta_{2j}, \dots, \zeta_{nj}); \\ j = 1, 15,$$

где  $K_j$ ,  $k_{ij}$  –  $j$ -й коэффициент финансовой устойчивости системы и подсистемы соответственно;  $\zeta_{ij}$  – степень влияния  $j$ -го коэффициента финансовой устойчивости  $i$ -го структурного подразделения на соответствующий коэффициент финансовой устойчивости системы;  $\beta_j$  – алгоритм пересчета коэффициентов финансовой устойчивости структурных подразделений в соответствующий коэффициент финансовой устойчивости системы в целом.

Построение алгоритмов  $\beta_j$  требует выявления вида функциональной зависимости  $K_j$  от коэффициентов  $k_{ij}$  и их степеней влияния



$\zeta_{ij}$ . Решение этих задач рассмотрим на примере коэффициента  $K_1$  — соотношения оборотных активов (ОА) и внеоборотных активов (ВА):

$$K_1 = \frac{OA}{BA} = \frac{\sum_{i=1}^n OA_i}{\sum_{i=1}^n BA_i} = \sum_{i=1}^n \frac{OA_i}{\sum_{i=1}^n BA_i} =$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{\frac{OA_i}{BA_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{BA_i}{BA_i}} = \sum_{i=1}^n k_{1i} \frac{BA_i}{\sum_{i=1}^n BA_i}.$$

$$\zeta_{i1} = \frac{BA_i}{\sum_{i=1}^n BA_i} = \delta_i^{BA}.$$

Таким образом, для коэффициента  $K_1$  определяемая функциональная зависимость имеет вид

$$K_1 = \sum_{i=1}^n k_{1i} \delta_i^{BA}.$$

Аналогичные преобразования могут быть выполнены для всех введенных в рассмотрение коэффициентов финансовой устойчивости, функциональная зависимость имеет следующий вид:

$$K_j = \sum_{i=1}^n k_{ij} \zeta_{ij}; \quad j = 1, 15.$$

Анализ экономического содержания коэффициентов финансовой устойчивости позволяет сделать вывод о том, что некоторые коэффициенты, входящие в различные подмодели оценки финансовой устойчивости, имеют одинаковые степени влияния. Для коэффициентов  $k_{i2}, k_{i6}, k_{i7}, k_{i8}, k_{i14}$  имеем

$$\zeta_{i2} = \zeta_{i6} = \zeta_{i7} = \zeta_{i8} = \zeta_{i14} = \delta_i^{BB},$$

где  $\delta_i^{BB}$  — доля валюты баланса (ВБ) подсистемы в валюте баланса ИПС.

Для коэффициентов  $k_{i5}, k_{i9}, k_{i15}$  имеем

$$\zeta_{i5} = \zeta_{i9} = \zeta_{i15} = \delta_i^{CR},$$

где  $\delta_i^{CR}$  — доля собственного капитала (СК) подсистемы в собственном капитале ИПС.

Для коэффициентов  $k_{i10}, k_{i11}, k_{i12}$  имеем

$$\zeta_{i10} = \zeta_{i11} = \zeta_{i12} = \delta_i^{KO},$$

где  $\delta_i^{KO}$  — доля краткосрочных обязательств (КДО) подсистемы в краткосрочных обязательствах ИПС.

Для оставшихся коэффициентов имеем

$$\zeta_{i3} = \delta_i^{OA},$$

где  $\delta_i^{OA}$  — доля оборотных активов (ОА) подсистемы в оборотных активах ИПС;

$$\zeta_{i4} = \delta_i^{33},$$

где  $\delta_i^{33}$  — доля производственных запасов и затрат (ЗЗ) подсистемы в производственных запасах и затратах ИПС;

$$\zeta_{i13} = \delta_i^{KDO},$$

где  $\delta_i^{KDO}$  — доля краткосрочных и долгосрочных обязательств (КДО) подсистемы в краткосрочных и долгосрочных обязательствах ИПС.

Таким образом, системная модель финансовой устойчивости ИПС может быть представлена в виде иерархии отношений:

$$Stab = F(A);$$

$$F(A) = \{f_1(\alpha_1), f_2(\alpha_2), f_3(\alpha_3), f_4(\alpha_4), f_5(\alpha_5)\};$$

$$f_1(\alpha_1) = \alpha_1 : (K_1, K_2);$$

$$f_2(\alpha_2) = \alpha_2 : (K_3, K_4, K_5);$$

$$f_3(\alpha_3) = \alpha_3 : (K_6, K_7, K_8, K_9);$$

$$f_4(\alpha_4) = \alpha_4 : (K_{10}, K_{11}, K_{12}, K_{13});$$

$$f_5(\alpha_5) = \alpha_5 : (K_{14}, K_{15});$$

$$K_j(\beta_j) = \beta_j : (k_{1j}, k_{2j}, \dots, k_{nj}, \zeta_{1j}, \zeta_{2j}, \dots, \zeta_{nj});$$

$$\beta_j = \sum_{i=1}^n k_{ij} \zeta_{ij};$$

$$\zeta_{i1} = \frac{BA_i}{\sum_{i=1}^n BA_i} = \delta_i^{BA};$$

$$\zeta_{i2} = \zeta_{i6} = \zeta_{i7} = \zeta_{i8} = \zeta_{i14} \frac{BB_i}{\sum_{i=1}^n BB_i} = \delta_i^{BB};$$

$$\zeta_{i5} = \zeta_{i9} = \zeta_{i15} = \frac{CK_i}{\sum_{i=1}^n CK_i} = \delta_i^{CK};$$

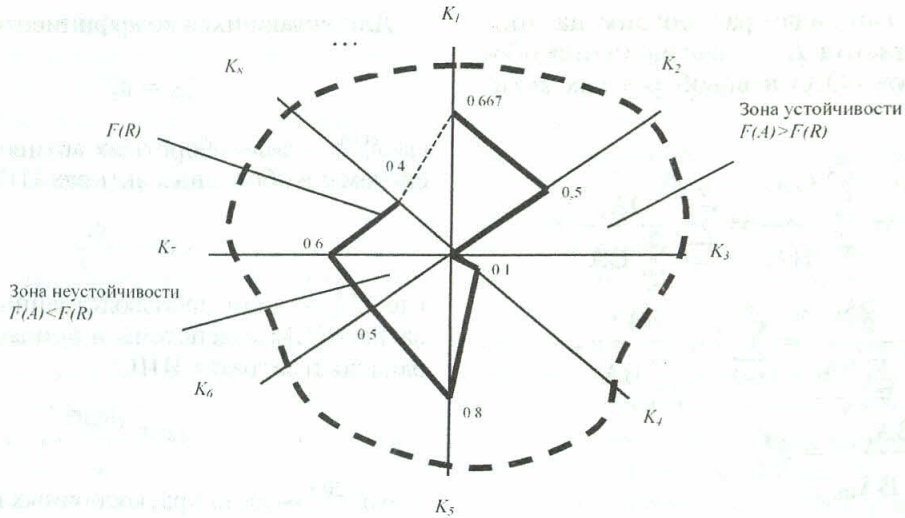
$$\zeta_{i10} = \zeta_{i11} = \zeta_{i12} = \frac{KO_i}{\sum_{i=1}^n KO_i} = \delta_i^{KO};$$

$$\zeta_{i3} = \frac{OA_i}{\sum_{i=1}^n OA_i} = \delta_i^{OA};$$

$$\zeta_{i4} = \frac{33_i}{\sum_{i=1}^n 33_i} = \delta_i^{33};$$

$$\zeta_{i13} = \frac{KDO_i}{\sum_{i=1}^n KDO_i} = \delta_i^{KDO}.$$





Энниграмма зоны финансовой устойчивости

Представленная модель не противоречит известным методам оценки финансовой устойчивости предприятий, позволяет выявить степень влияния устойчивости структурных подразделений на устойчивость системы в целом и является основой для решения задачи управления функционированием ИПС.

Оценка финансовой устойчивости может быть использована для решения задач:

- определения структуры ИПС, обеспечивающей устойчивое функционирование;
- управления эффективным функционированием ИПС;
- формирования стратегии развития ИПС путем имитационного моделирования.

Используя разработанную модель финансовой устойчивости, можно перейти к задаче определения наилучшей структуры системы, обеспечивающей устойчивость:

$$\text{Stab} = \{F(A), \text{Str}(G) | T(\Theta), J(\text{leg})\}.$$

Рассмотрим содержательную постановку задачи определения состава ИПС по критерию финансовой устойчивости.

Любая оценка предполагает сравнение с некоторым эталоном. Для оценки финансовой устойчивости в качестве эталона введем понятие зоны финансовой устойчивости как многомерного пространства, в любой точке которого достигаются рекомендуемые значения коэффициентов, т. е. выполняются следующие условия:

$$\begin{aligned} K_1 &> 0,667; & K_7 &> 0,6; \\ K_2 &> 0,5; & K_{10} &= 0,2 \div 0,3; \\ K_4 &> 0,1; & K_{14} &> 0,2; \\ K_5 &= 0,6 \div 0,8; & K_{15} &= 0,8 \div 1. \\ K_6 &> 0,5; \end{aligned}$$

Границы зоны определяются множеством рекомендуемых значений коэффициентов финансовой устойчивости  $F(R)$ :

$$F(R) = (0,667; 0,5; -; 0,1; 0,8; 0,5; 0,6; 0,4; -; 0,3; -; -; -; 0,2; 1).$$

Рекомендуемые значения для  $K_3, K_9, K_{11}, K_{12}, K_{13}$  не определены, но чем больше, тем лучше.

На рисунке в виде энниграммы представлены зона неустойчивости (внутренний контур) и условно выделена зона устойчивости.

Из множества  $G = \{g\}$  допустимых с позиций ограничений технологической  $T(\Pi)$  и организационной  $J(\text{leg})$  устойчивости вариантов структур  $\text{Str}(G)$  необходимо выбрать вариант, наилучший в финансовом отношении. Максимально возможное количество структур  $G$  равно сумме числа сочетаний:

$$G = \sum_{N=1}^n C_n^N.$$

Значение  $G$  может быть ограничено за счет исключения из рассмотрения вариантов состава ИПС, не удовлетворяющих требованиям технологической или других видов устойчивости.



Каждому варианту ИПС  $g$  соответствует матрица коэффициентов финансовой устойчивости  $K_{ij}^g$  и матрица степеней влияния  $\delta_{ij}^g$  элементов, вошедших в состав  $g$ -го варианта ИПС, компоненты которых будут формировать в соответствии с алгоритмами  $A$  комплексную характеристику финансовой устойчивости системы  $F_g(A)$ . Необходимо найти такой вариант  $g \in G$  состава ИПС, для которого комплексная характеристика финансовой устойчивости  $F_g(A)$  оценивается наибольшим запасом устойчивости, т. е.  $F_g(A) - F_0(A) \rightarrow \max$ .

Сложность решения поставленной задачи сопоставления многомерных оценок определяется отсутствием норматива значений запаса устойчивости и алгоритмов максимизации многокритериальных задач.

Рассмотрим правила определения наилучшего значения  $F_g(A)$ . Возможны различные соотношения между оценками финансовой устойчивости предыдущего  $F_0(A)$  и нового  $F_g(A)$  составов ИПС и границей зоны устойчивости  $F(R)$ .

Если выполняется условие 1:

$$(F_0(A) < F(R)) \wedge (F_g(A) > F_0(A)),$$

то  $g$ -й вариант позволяет по сравнению с исходным приблизиться к зоне устойчивости.

Если выполняется условие 2:

$$(F_0(A) < F(R)) \wedge (F_g(A) > F(R)),$$

то  $g$ -й вариант позволяет войти в зону устойчивости.

Если выполняется условие 3:

$$(F_0(A) > F(R)) \wedge (F_g(A) > F_0(A)),$$

то сохраняется положение  $g$ -го варианта состава системы в зоне и увеличивается запас устойчивости.

Если выполняется условие 4:

$$\begin{aligned} & [(F_0(A) < F(R)) \wedge (F_g(A) > F_0(A))] \vee \\ & \vee [(F_0(A) > F(R)) \wedge (F_g(A) < F(R))] \vee \\ & \vee [(F_0(A) > F(R)) \wedge (F_g(A) < F_0(A))], \end{aligned}$$

то финансовое состояние ухудшается, поэтому варианты отклоняются.

Реализация модели в виде алгоритма имитационного моделирования предусматривает следующие этапы ситуационного управления  $M = \{U\}$ :

1) Проверка всех рассмотренных вариантов ИПС на выполнение условий приближения /попадания/сохранения/ухудшения положения в зоне финансовой устойчивости и

формирование четырех подмножеств вариантов состава системы  $\{G_1, G_2, G_3, G_4\}$  в соответствии с перечисленными выше условиями 1 ÷ 4.

2) Если  $(G_1 \div G_3 = \{\emptyset\}) \wedge (G_4 \neq \{\emptyset\})$ , то исходный вариант ИПС является наилучшим, т. е. предыдущая ситуация не изменяется и не требует управления  $U(S_0) = \text{const}$ .

3) Если  $[(G_1 \neq \{\emptyset\}) \wedge (G_2 \neq \{\emptyset\})] \vee [(G_1 = \{\emptyset\}) \wedge (G_2 \neq \{\emptyset\})]$ , то наилучший вариант состава ИПС выбирается из подмножества  $G_2$ . Для выбора решения  $U(S_g) : F_0(A) \Rightarrow F_g(A)$  определяется прирост устойчивости  $\Delta F_g(A) = F_g(A) - F_0(A)$  для каждого  $g \in G_2$  варианта состава ИПС. Наилучшим является тот вариант, для которого  $\Delta F_g(A) \rightarrow \max$ .

4) Если  $(G_1 \neq \{\emptyset\}) \wedge (G_2 = \{\emptyset\})$ , то наилучший вариант выбирается из подмножества  $g \in G_1$  по тому же правилу.

5) Если  $(G_3 \neq \{\emptyset\})$ , то вариант выбирается из подмножества  $g \in G_3$ .

Алгоритм задачи управления интегрированной производственной системой по критериям устойчивости отражает принципиальную возможность аналитического исследования процессов интеграции и дезинтеграции. Количественные оценки устойчивости и методы их расчета не слишком сложны, но должны уточняться в зависимости от отрасли и типа предприятия.

#### ОБ АВТОРАХ

**Исмагилова Лариса Алексеевна**, проф., зав. каф. экономики предпринимательства, декан ф-та экономики, менеджмента и финансов УГАТУ. Дипл. инж.-экономист (УАИ, 1971). Д-р техн. наук по АСУ (УГАТУ, 1998). Исследования в области экономико-математического и информационного моделирования систем.



**Ситникова Лариса Владимировна**, доцент той же кафедры. Дипл. инж.-системотехник (УГАТУ, 1983). Канд. экон. наук по экономико-математическим методам (МАИ, 1988). Исследования в области управления в социально-экономических системах.

