УДК 628.385:502.174

ДИНАМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ТЕХНИКО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Щеткин Б.Н.

ФГОУ ВПО «Березниковский филиал ПГУ», Березники, e-mail: bor.shhetkin@yandex.ru

Представлена схема алгоритма контроля динамико-статистической устойчивости технико-эколого-экономической системой (ТЭЭС) в целях эффективности функционирования животноводческого предприятия.

Ключевые слова: технико-эколого-экономическая система; динамико-статистическая устойчивость, система контроля

DYNAMIC STABILITY OF A TECHNO-ECO-ECONOMIC SYSTEM

Shchetkin B.N.

Bereznikovsky branch PGU, Berezniki, e-mail: bor.shhetkin@yandex.ru

A scheme of the algorithm controls the dynamic-statistical stability of the technical and eco-economic system (TEES) for the effective functioning of the livestock enterprise.

Keywords: techno-ecological-economic system, the dynamic-statistical stability control system

Технико-эколого-экономическая система (ТЭЭС) обладает свойством структурной динамико-статистической устойчивости, если трансформация ее структуры не приводит к нарушению технологической, экологической, экономической и финансовой устойчивости при сохранении параметров функционирования системы в заданных границах доверительного интервала (допускаемых значений).

Для выполнения необходимых и достаточных условий структурной динамико-статистической устойчивости необходимо их комплексное рассмотрение в определенной последовательности с позиций системного подхода, т.е. с учетом целей ТЭЭС [3].

При этом анализ устойчивости предприятия и выявление моментов нарушения равновесного состояния в процессе мониторинга приводит к необходимости контроля эффективности функционирования животноводческого предприятия (рис. 1).

Представим показатель устойчивого развития отрасли животноводства как функцию трех переменных:

$$W = f\left(Y^{T}, Y^{Э}, Y^{Э}\right), \qquad (1)$$

где Y^{T} – переменная, оценивающая технологическую устойчивость отрасли; $Y^{Э}$ – переменная, оценивающая экологическую устойчивость отрасли; $Y^{Э}$ – переменная, оценивающая экономическую устойчивость отрасли.

Для понижения размерности исходной информации (редукция данных) используется метод факторного анализа. Сущность факторного анализа заключается в представлении исходных показателей X в виде некоторой совокупности латентных переменных F, называемых факторами:

$$X_1, X_2, ..., X_m \rightarrow F_1, F_2, ..., F_p \quad p << m.$$

При этом формируется оптимальное пространство новых ортогональных (взаимно некоррелированных) переменных без существенной потери содержательной информации, размещённой в исходных данных.

Обобщение локальных интегральных показателей состояния отрасли произведем на основе средней геометрической:

$$W = f\left(Y^{T}, Y^{Э}, Y^{Э}\right) = \sqrt[3]{Y^{T}, Y^{Э}, Y^{Э}}, \qquad (2)$$

где Y^{T} – нормированная переменная, оценивающая технологическую устойчивость отрасли; $Y^{Э}$ – нормированная переменная, оценивающая экологическую устойчивость отрасли; $Y^{Э}$ – нормированная переменная, оценивающая экономическую устойчивость отрасли.

Обобщенный интегральный показатель динамической структурной устойчивости животноводства W позволяет в режиме реального времени отслеживать состояние функционирования отрасли и принимать упреждающие действия по недопущению потери устойчивости. Чтобы оценить, насколько близко положение в технологической, экологической, экономической сфере к неустойчивому, необходимо рассмотреть темпы изменения $\overline{Y}_t^{T}, \overline{Y}_t^{Э}, \overline{Y}_t^{Э}$, используя формулу:

$$\overline{Y}_t^{i} = Y_{\min}^{i} / Y_t^{i}, \qquad (3)$$

где i – технологическая, экологическая, экономическая устойчивость; $Y^{i}_{\min}$ – определенные, выше критического значения, соответствующие локальные показатели устойчивости.

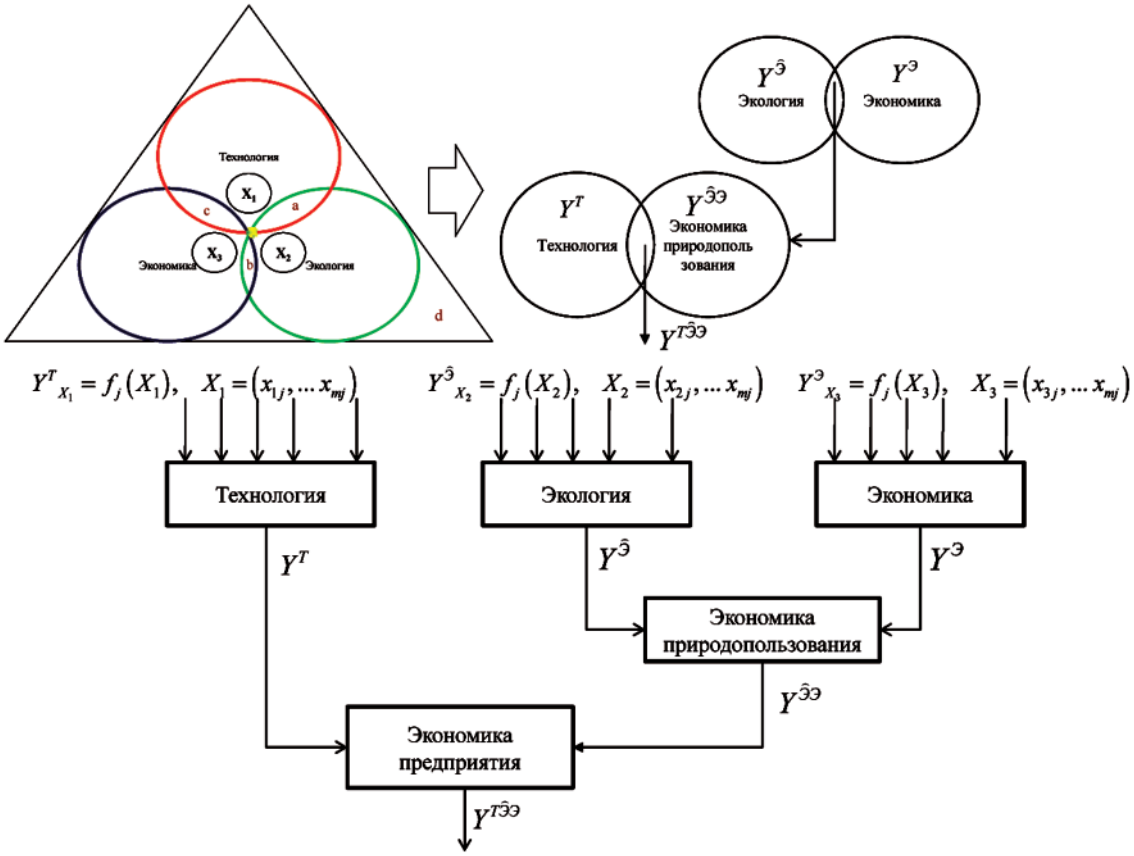

Рис. 1. Показатели устойчивого развития отрасли животноводства

Очевидно, значения $\overline{Y}_t^i$ изменяются от 0 до 1, причем $\overline{Y}_{t=1}^i$ соответствует совпадению текущего значения показателя с критическим. Выбирая в ходе мониторинга максимальное значение из $\overline{Y}_t^T, \overline{Y}_t^{Э}, \overline{Y}_t^{Э}$, определяем сферу, подверженную наибольшим деструктивным действиям. Осуществление мониторинга предполагает также сравнение значений показателя за время Δt.

Вместе с тем наличие большого числа составляющих статистики k_y для каждой реализации $y(t)$ выходного показателя $Y^{TЭЭ}(t)$ ТЭЭС усложняет оперативный контроль над качеством функционирования предприятия. Алгоритмы контроля, построенные для всей совокупности оценок k_y эффективности функционирования предприятия, могут быть практически реализованы при научных исследованиях и функционировании ТЭЭС предприятия с обработкой информации на компьютере. Для этого должны быть установлены наиболее целесообразные оценки показателей эффективности функционирования ТЭЭС. Речь идет о выборе из всей совокупности компонентов k_y таких оценок, которые обеспечили бы простой, и вместе с тем, эффективный, и сравнительно точный оперативный контроль технологических и экологических процессов в ходе устойчивого функционирования предприятия. Важно также установить единые принципы и параметры контроля, которые давали бы возможность выполнять контроль качества ТЭЭС. Наконец, целесообразные, в указанном смысле, оценки открывают широкие возможности для автоматизации процессов управления животноводческими предприятиями, используя алгоритм контроля (рис. 2).

Применяя метод скользящих средних для сглаживания временных рядов, можно элиминировать случайные колебания и получить значения, соответствующие влиянию главных факторов. Сглаживание, с помощью скользящих средних, основано на том, что в средних величинах взаимно погашаются случайные отклонения. Это происходит вследствие замены первоначальных уровней временного ряда средней арифметической величиной внутри выбранного интервала времени. Полученное значение относится к середине выбранного периода. Затем период сдвигается на n наблюдений за заданный временной такт Δt, и расчет средней повторяется, причем периоды определения средней берутся все время

одинаковыми (N). Таким образом, в каждом случае средняя центрирована, т.е. отнесена к серединной точке интервала сглаживания и представляет собой уровень для этой точки.

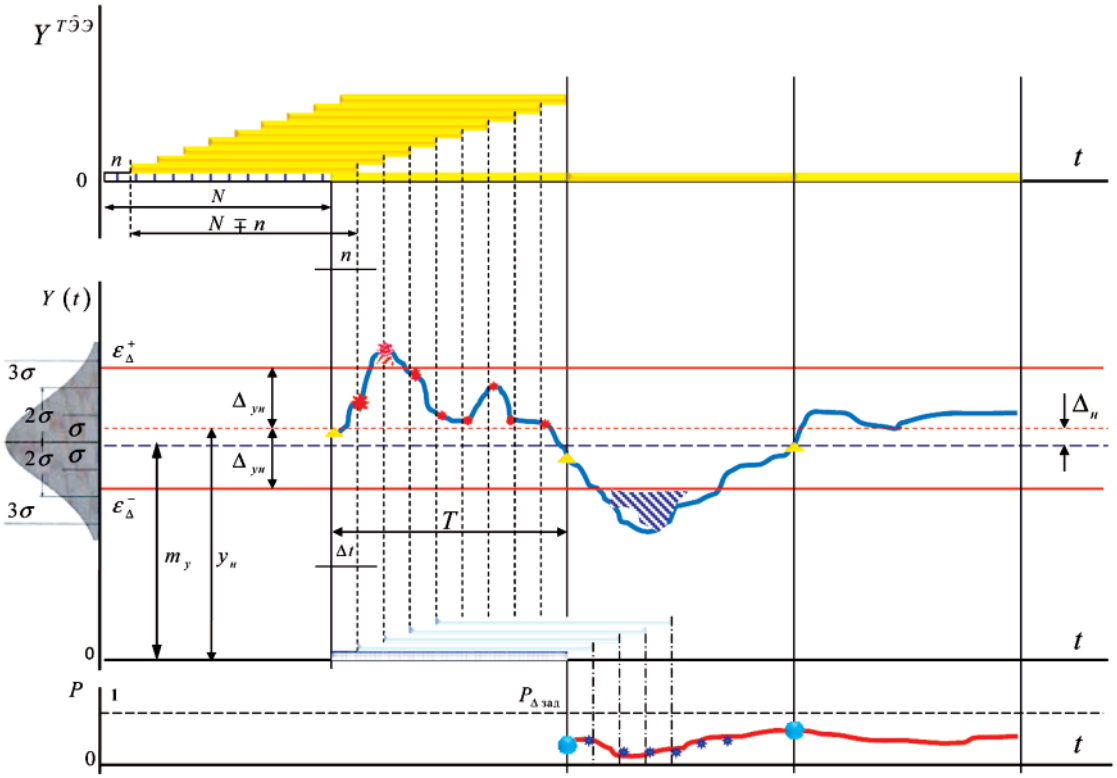

Рис. 2. Схема алгоритма контроля динамико-статистической устойчивости ТЭЭС

При сглаживании временного ряда скользящими средними в расчетах участвуют все уровни ряда. Чем шире интервал сглаживания, тем более плавным получается тренд. При малых значениях n колеблемость сглаженного ряда значительно увеличивается. Одновременно заметно увеличивается количество наблюдений, что создает возможность использования данных при расчете динамико-статистической устойчивости ТЭЭС.

Выбор интервала сглаживания зависит от целей исследования. При этом следует руководствоваться тем, в какой период времени происходит действие, а следовательно, и устранение влияния случайных факторов.

Пусть показатель, характеризующий эффективность функционирования контролируемого технологического и экологического процесса, представляется реализацией $y(t)$ – случайной функции $Y(t)$. Примем также, что эта функция является стационарной и эргодической. Пусть далее техническими требованиями или техническим заданием предусмотрены симметричные абсолютные допуски Δ_y на отклонения функции и каждой ее реализации $y(t)$ от среднего значения m_y, т.е.

$$m_y - \Delta_y \le y(t) \le m_y + \Delta_y. \qquad (4)$$

Связь между допустимым Δ_y и вероятностью его сохранения в интервале (4) определяется из выражения

$$P_\Delta = P\left[\left(m_y - \Delta_{1y}\right) \le y(t) \le \left(m_y + \Delta_{2y}\right)\right] = \int_{m_y - \Delta_{1y}}^{m_y + \Delta_{2y}} f(y)\,dy, \qquad (5)$$

при условии $\Delta_{1y} = \Delta_{2y} = \Delta_y$

$$P_\Delta = \int_{m_y - \Delta_y}^{m_y + \Delta_y} f(y)\,dy. \qquad (6)$$

Вероятность выбросов за поле допуска будет $\varepsilon_\Delta = 1 - P_\Delta$.

Для оперативного контроля (при наличии измерительной системы) эффективности функционирования животноводческого предприятия, определяемого реализацией $y(t)$ на конкретном периоде T контроля, необходимо, согласно $(y(t) = m_y + \dot{y}(t))$, непрерывно получать информацию о реализации $y(t)$ и на интервале времени T

определять числовые характеристики этой реализации, сравнивать их с допускаемыми при заданном допуске Δ_y и вероятности $P_{\Delta З}$ (или $\varepsilon_{\Delta З}$) [2].

Алгоритм контроля качества технологического процесса производства животноводческой продукции связан с настроечным значением $y_н$ показателя процесса. Но в этом случае задается допуск $\Delta_{ун}$ на отклонение показателя технологического процесса от настроечного значения $y_н$. Значения контролируемого уровня $P_{\Delta Н}$ сохранения допуска и его составляющих определяются следующими выражениями

$$\left.\begin{aligned} P_{\Delta Н} &= \int\limits_{y_н-\Delta_{ун}}^{y_н+\Delta_{ун}} f(y)\,dy = F(y_н+\Delta_{ун}) - F(y_н-\Delta_{ун}) \\ P^{-}_{\Delta Н} &= \int\limits_{y_н-\Delta_{ун}}^{y_н} f(y)\,dy = F(y_н) - F(y_н-\Delta_{ун}) \\ P^{+}_{\Delta Н} &= \int\limits_{y_н}^{y_н+\Delta_{ун}} f(y)\,dy = F(y_н+\Delta_{ун}) - F(y_н) \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

где $F(z)$ – одномерная функция распределения соответствующего аргумента z.

За счет смещения настроечного значения $y_н$ от среднего значения m_y реализации $y(t)$ имеет место рассогласование

$$_{\Delta}P = P^{-}_{\Delta Н} + P^{+}_{\Delta Н} = 2F(y_н) - \left[F(y_н+\Delta_{ун}) + F(y_н-\Delta_{ун})\right]. \quad (8)$$

При нормальном распределении выражение (8) принимает следующий вид:

$$\left.\begin{aligned} P^{-}_{\Delta Н} &= \Phi\left(\frac{\Delta_н}{\sigma_y}\right) + \Phi\left[\frac{(\Delta_{ун}-\Delta_н)}{\sigma_y}\right] \\ P^{+}_{\Delta Н} &= \Phi\left[\frac{(\Delta_{ун}+\Delta_н)}{\sigma_y}\right] - \Phi\left(\frac{\Delta_н}{\sigma_y}\right) \end{aligned}\right\}, \quad (9)$$

$$_{\Delta}P = P^{-}_{\Delta Н} - P^{+}_{\Delta Н} = 2\Phi\left(\frac{\Delta_{ун}}{\sigma_y}\right) - {}_{\Delta}E. \quad (10)$$

Выражение для расчета оценки вероятности выбросов $\varepsilon^{-}_{\Delta Н}$ и $\varepsilon^{+}_{\Delta Н}$ при нормальном распределении имеют следующий вид:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon^{-}_{\Delta Н} &= 0{,}5 - \Phi\left[\frac{\Delta_{ун}-\Delta_н}{\sigma_y}\right] \\ \varepsilon^{+}_{\Delta Н} &= 0{,}5 + \Phi\left[\frac{\Delta_{ун}+\Delta_н}{\sigma_y}\right] \end{aligned}\right\}. \quad (11)$$

Общая оценка вероятности выбросов за уровень $y_н$ будет

$$\varepsilon_{\Delta Н} = \varepsilon^{-}_{\Delta Н} + \varepsilon^{+}_{\Delta Н} = 1 - P_{\Delta Н}. \quad (12)$$

Оценка числа выбросов $n\Delta_н$ за поле абсолютного допуска (рис. 3) при нормальном распределении найдем по выражению

$$n_{\Delta} = \frac{\omega_k}{2\pi}\exp\left[-\frac{(\Delta_н \pm \Delta_{ун})^2}{2\sigma_y^2}\right].$$

Соотношения (10) и (11) могут быть положены в основу не только алгоритма оперативного контроля относительной длительности $P_{\Delta Н}$ пребывания показателя технологического процесса животноводческого предприятия в зоне допуска, но и алгоритма управления качеством этого процесса, так как сигнал $_{\Delta}P$ (или $_{\Delta}\varepsilon$) определяет знак и относительную величину отклонения фактического значения $P_{\Delta Н}$ от заданного $P_{\Delta З}$. Таким образом, задачей системы управления, реализующей такой алгоритм, будет не уменьшение отклонений выходного показателя $y(t)$ от настроечного его значения $y_н$, а поддержание наибольшего значения $P_{\Delta Н}$ (или наименьшего значения) $\varepsilon_{\Delta Н}$, которое имеет место при $_{\Delta}P \to 0$.

Данный метод используется при прогнозировании и контроле процесса наблюдения за исследуемой ТЭЭС.

Каждому этапу процесса управления предприятием (отраслью) присущи неопределенность и ошибки, обусловленные относительностью знания субъекта управления (управляющего персонала) о состоянии управляемого объекта, состоянии внешней среды и ее влиянии на управляемый объект. Поэтому вероятностный характер достижения цели, обусловленный описанной выше неопределенностью в постановке задачи и ее возможных возмущений, может быть охарактеризован понятием риска.

Для обеспечения стабильного развития предприятия важно не только оперативно идентифицировать и эффективно решать

возникающие вопросы, но и предвидеть и предотвращать их возникновение и учитывать степень влияния на технико-экономические показатели. Не менее важно иметь резерв для финансирования тех рисков, предотвратить которые невозможно. В особенности это касается вопросов, которые могут поставить под угрозу само существование предприятия. Создание системы управления рисками – закономерный этап развития системы управления современным предприятием. Управление риском становится актуальным после обнаружения риск-проблемы [3, 4]. Риск возможно описать двумя вероятностями – вероятностью *p1* возникновения неблагоприятного процесса, как такового, и вероятностью *p2* нанесения этим процессом объекту управления максимального ущерба *U* при заданном доверительном уровне. Цель управления риском – воздействовать на внешнюю и внутреннюю среду организации таким образом, чтобы довести значения вероятных ущербов до приемлемого уровня.

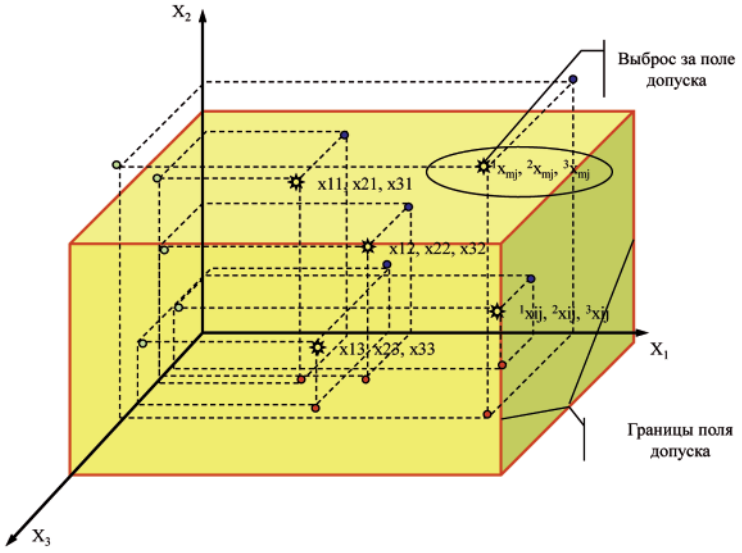

Рис. 3. Число выбросов $n\Delta_н$ за поле абсолютного допуска при нормальном распределении

Для оценки рисков *R* используется функционал *F*, связывающий вероятность *P* выхода процесса за поле допуска и математическое ожидание ущерба *U* от этого неблагоприятного события

$$R = F_R\{U, P\} = \sum_i \left[F_{R_i}\left(U_i, P_i\right)\right] = \int C(U)\,P(U)dU = \int C(P)\,U(P)\,dP, \qquad (13)$$

где *i* – виды неблагоприятных событий; *C* – весовые функции, учитывающие взаимовлияние рисков.

В общем случае для качественного и количественного анализа рисков по выражению (13) на базе исследований сложных динамических процессов (возникновения нарушений, т.е. выход за пределы поля допуска) ведется построение физических и математических моделей. При таком подходе используются временные шкалы рисков *R*(*t*).

Общий ущерб *U* (или его составляющие U_i) определяется через обобщенный функционал (сумму) ущербов, наносимых технико-эколого-экономической системе предприятия.

$$U = F_U\left\{U_T, U_Э, U_Э\right\} = \sum_i \left[F_{U_i}\left(U_{T_i}, U_{Э_i}, U_{Э_i}\right)\right]. \qquad (14)$$

Ущербы *U* по выражению (14) и соответственно риски *R* по (13) определяются в общем случае большим числом факторов.

Вероятность *P* возникновения анализируемого по неблагоприятному событию (или его составляющих P_i) в общем случае определяется как функционал вероятностей, зависящий от источников соответствующих факторов: технологических → *T*, экологических → Э* и экономических → Э.

$$P = F_p\left\{P_T, P_Э, P_Э\right\} = \sum_i \left[F_{P_i}\left(P_{T_i}, P_{Э_i}, P_{Э_i}\right)\right]. \qquad (15)$$

При этом достаточные условия структурной динамико-статистической устойчивости могут быть определены на любом этапе структурных преобразований.

Алгоритм оценки структурной динамико-статистической устойчивости предприятия (отрасли) представлен на рис. 4.

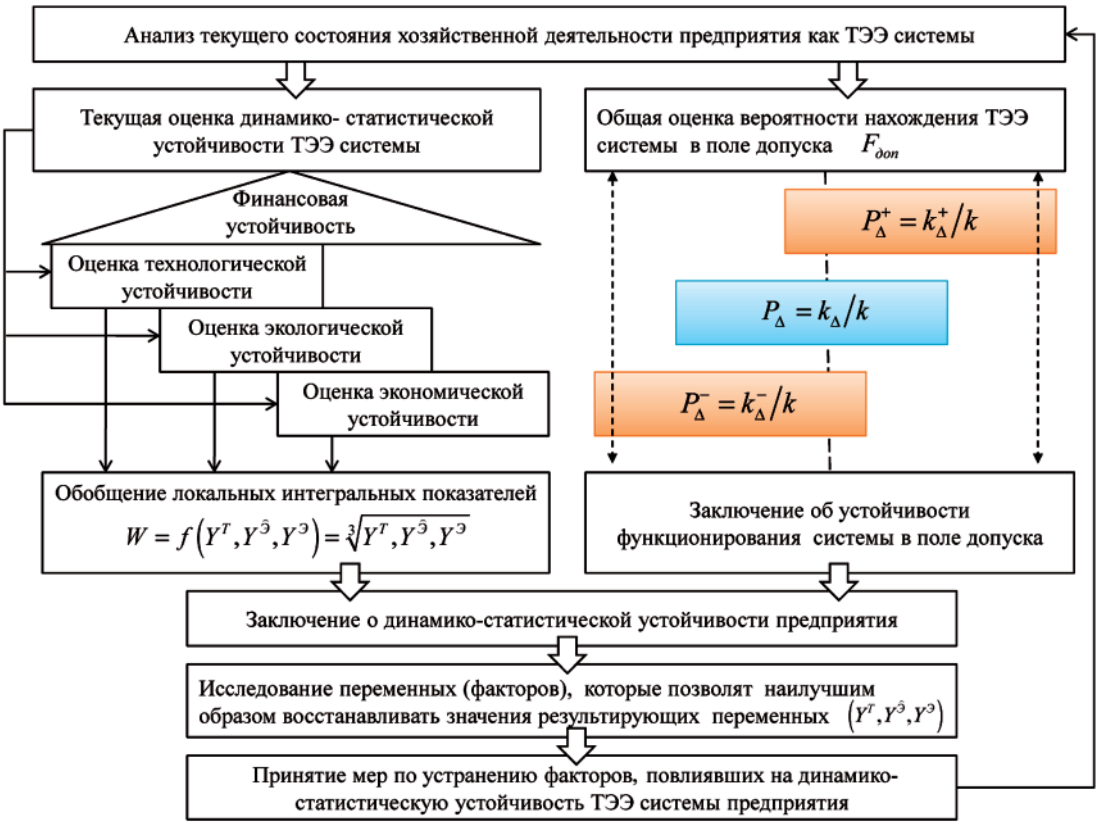

Рис. 4. Алгоритм оценки структурной динамико-статистической устойчивости предприятия (отрасли)

После количественного определения общей оценки вероятности нахождения ТЭЭС в допустимых границах происходит сравнение величин риска различных вариантов решения и выбора из них того, который больше всего отвечает выбранной предприятием стратегии риска.

Сущность метода заключается в том, что для каждой ситуации компьютер определяет ранг вероятности её наступления (например: низкая вероятность, средняя вероятность, высокая вероятность) и соответствующий этой ситуации потенциальный ущерб (например: малый, средний, большой).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ подготовки птичьего помета к утилизации /Кудрявский Ю.П., Щеткин Б.Н. [и др.]. Патент РФ №2090540, по заявке №95117662, 1995 г.

2. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – М.: Колос, 1981. – 382 с.

3. Щеткин Б.Н. Утилизация отходов птицеводства – решение проблем экологической безопасности и ресурсосбережения. – Пермь: ОГУП «Соликамская типография», 2002. – 135 с.

4. Экологические риски (оценка и механизм страхования) / Я.Я. Яндыганов, А.А. Козицин, А.А. Носов, М.В. Федоров . – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та. 2002. – 222 с.