

УДК 338.2:004

ОПТИМИЗАЦИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КАЧЕСТВА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ

Лукашина Ю.Ю., ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет», г. Тамбов

***Аннотация.** В статье анализируются процессы оптимизации жизненного цикла качества инновационной продукции гибкого предприятия, которые закладываются в процессах и процедурах позиционирования предприятия в турбо-институциональной рыночной среде через формирование миссии, видения и кредо предприятия. Степень гибкости предприятия целесообразно определять по количеству гибких связей при устойчивом состоянии и функционировании гибкого предприятия на длительном экономическом горизонте эволюции. Инновационная продукция вбирает в себя интеллектуальный капитал гибкого предприятия, что её отличает по качеству от продукции конкурентов.*

Ключевые слова и фразы: оптимизация; управление качеством; гибкое предприятие.

UDC 338.2:004

OPTIMIZATION OF LIFE CYCLE QUALITIES OF INNOVATIVE PRODUCTION

Lukashina Y.Y., Tambov state technical university, Tambov

***Summary.** In article processes of optimization of life cycle of quality of innovative production of the flexible enterprise which are put in processes and procedures of positioning of the enterprise in a turbo - the institutional market environment through formation of mission, vision and credo of the enterprise are analyzed. It is expedient to determine degree of flexibility of the enterprise by number of flexible communications at a steady state and functioning of the flexible enterprise on the long economic horizon of evolution. Innovative production incorporates the intellectual capital of the flexible enterprise that it distinguishes on quality from production of competitors.*

Keywords and phrases: optimization; quality management; flexible enterprise.

Подсистема менеджмента измерений¹, ядро которой составляет автоматизированная система управления технологическими процессами гибкого предприятия, интегрированной гибкой СМК, по заданной программе, отображающей миссию, видение и кредо гибкого предприятия, измеряет качество инновационной продукции в поле качества продукции (рис. 1) [1].

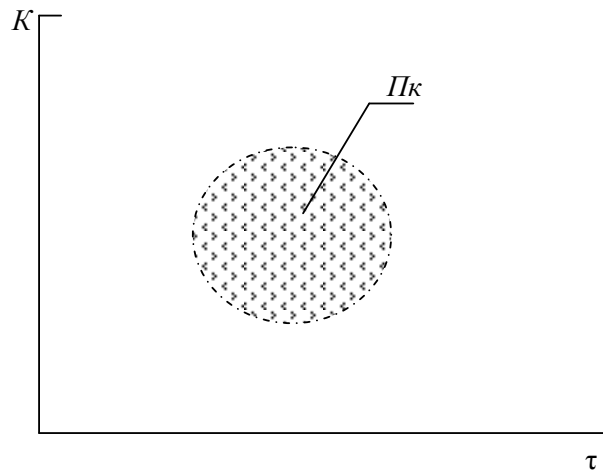


Рис. 1. Геометрический образ поля качества продукции:
 K – качество; τ – время; $Пк$ – поле качества продукции

Для получения динамической модели качества продукции в процессе формирования качества жизненного цикла качества продукции $Mk = f(\tau)$, где τ – время поля качества продукции $Пк$ (рис. 2).

Разобьем временными дискретами τ_i ($i = \overline{1, n}$, n – количество дискрет) на секторе с построением в них плотности распределения процессов качества продукции $S_{iM} \setminus \tau_i = const, i = \overline{1, n}$. Динамическая математическая модель качества продукции запишется в виде:

$$\begin{aligned}
 Mk \setminus \tau_i &= f(\tau), \quad i = \overline{1, n}, & (1) \\
 K &\in [K_*, K^*], \\
 \tau &\in [\tau_*, \tau^*],
 \end{aligned}$$

где $Mk \setminus \tau_i$ – математическое ожидание плотности распределения i -го процесса качества продукции; K_*, K^* – минимальное и максимальное значение качества

¹ Стандарт ISO 10012:2003 «Системы менеджмента измерений. Требования к измерительным процессам и измерительному оборудованию».

продукции $[\tau^*, \tau^*]$ – минимальное и максимальное время измерений качества продукции.

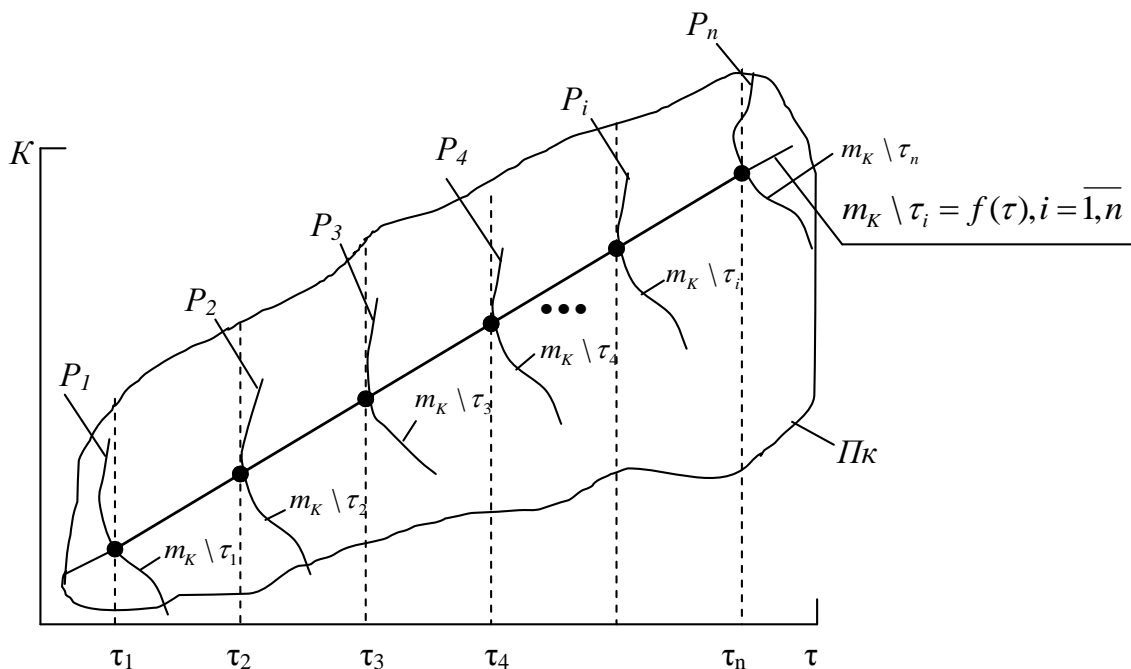


Рис. 2. Геометрический образ формирования модели управления качеством продукции поля качества продукции

Модель (1) относится к классу регрессионных моделей. Для получения модели (2) в явном виде необходимо подвергнуть модель (1) аппроксимизации, как правило, линейной функцией (модель):

$$Kan = A^* \tau_0 + B^* \quad (2)$$

у которой коэффициент A^* имеет максимально возможное значение:

$$Kan \in [Kan^*, Kan^*]; A^* \in [A^*, A^{**}]; \tau_0 \in [\tau_0^*, \tau_0^*]; B^* \in [B^*, B^{**}].$$

Модель (1) в силу действия принципа дуализма, при процессах хаордического управления, с одной стороны создаёт геометрический образ восходящей ветви жизненного цикла качества продукции, а, с другой стороны, является нелинейной функцией (моделью).

Близость нелинейной модели к линейной целесообразно оценить с помощью квадратического интегрального критерия близости моделей:

$$\min_{A^*, B^*} J_1 = \int_{\tau_0^*}^{\tau_0^*} \{f[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)] - A^* \tau_0 - B^*\} \alpha_{\tau_0}, \quad (3)$$

где J_1 – критерий близости моделей; \bar{a} – вектор параметров настройки подсистемы моделей интегрированной гибкой СМК; \bar{q}_0 – вектор влияющих величин и внутренней турбо-институциональной экономической среды; $A^* \in [A^*, A^{**}]$; $B^* \in [B^*, B^{**}]$; $a_i \in [a_i^*, a_i^{**}]$; $i = \overline{1, n}$; $q_{0j} \in [q_{0j}^*, q_{0j}^{**}]$; $j = \overline{1, m}$; $\tau_0 \in [\tau_{0^*}, \tau_{0^{**}}]$; n – количество параметров настройки подсистемы моделей интегрированной гибкой СМК; m – количество влияющих параметров внешней и внутренней турбо-институциональной экономической среды.

Из решения задачи (3) наблюдаем:

$$A^* = A^*[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)]; \bar{a} \in D\bar{a}; \tau_0 \in [\tau_{0^*}, \tau_{0^{**}}]; q_{0j} \in [q_{0j}^*, q_{0j}^{**}]; A^* \in [A^*, A^{**}]; j = \overline{1, m};$$

$$B^* = B^*[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)]; \bar{a} \in D\bar{a}; \tau_0 \in [\tau_{0^*}, \tau_{0^{**}}]; q_{0j} \in [q_{0j}^*, q_{0j}^{**}]; B^* \in [B^*, B^{**}]; j = \overline{1, m},$$

где $D\bar{a}$ – замкнутое допустимое множество параметров надстройки подсистемы моделей интегрированной гибкой СМК.

На практике целесообразно перейти от строгого решения задачи (3) к менее строгому дискретному анализу и потребовать:

$$\min_{A^*, B^*} J_{21} = \int_{i=0}^m \{f[\tau_{0i}, \bar{a}(\bar{q}_0)] - A^* \tau_{0i} - B^*\}, \quad (4)$$

где $m = \frac{(\tau_{0^{**}} - \tau_{0^*})}{\Delta}$ – число интервалов разбиения временного интервала $[\tau_{0^*}, \tau_{0^{**}}]$; Δ – интервал разбиения.

Максимальная чувствительность качества продукции на всех этапах жизненного цикла качества продукции (основной этап – восходящая ветвь жизненного цикла качества продукции) достигается при следующих значениях коэффициентов A^* и B^* :

$$A^*[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)] = \frac{m \sum_{i=1}^m \tau_{0i} f[\tau_{0i}, \bar{a}(\bar{q}_0)] - \sum_{i=0}^m f[\tau_{0i}, \bar{a}(\bar{q}_0)] \sum_{i=0}^m \tau_{0i}}{m \sum_{i=0}^m (\tau_{0i})^2 - (\sum_{i=0}^m \tau_{0i})}; \quad (5)$$

$$B^*[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)] = \frac{\sum_{i=1}^m \tau_{0i} f[\tau_{0i}, \bar{a}(\bar{q}_0)] - A^* \sum_{i=0}^m \tau_{0i}}{m};$$

$$\bar{a} \in D\bar{a}; \tau_0 \in [\tau_{0^*}, \tau_{0^{**}}]; A^* \in [A^*, A^{**}]; B^* \in [B^*, B^{**}].$$

Реализация моделей (5) в подсистеме моделей интегрированной гибкой СМК позволяет оптимизировать выход восходящей ветви жизненного цикла качества продукции быстрее перейти на устойчивую ветвь качества продукции, как этапа жизненного цикла качества продукции. При этом качество продукции будет соответствовать запланированному значению при решении задачи проектирования качества продукции гибкого предприятия, что очевидно при выпуске предприятием инновационной продукции (рис. 3).

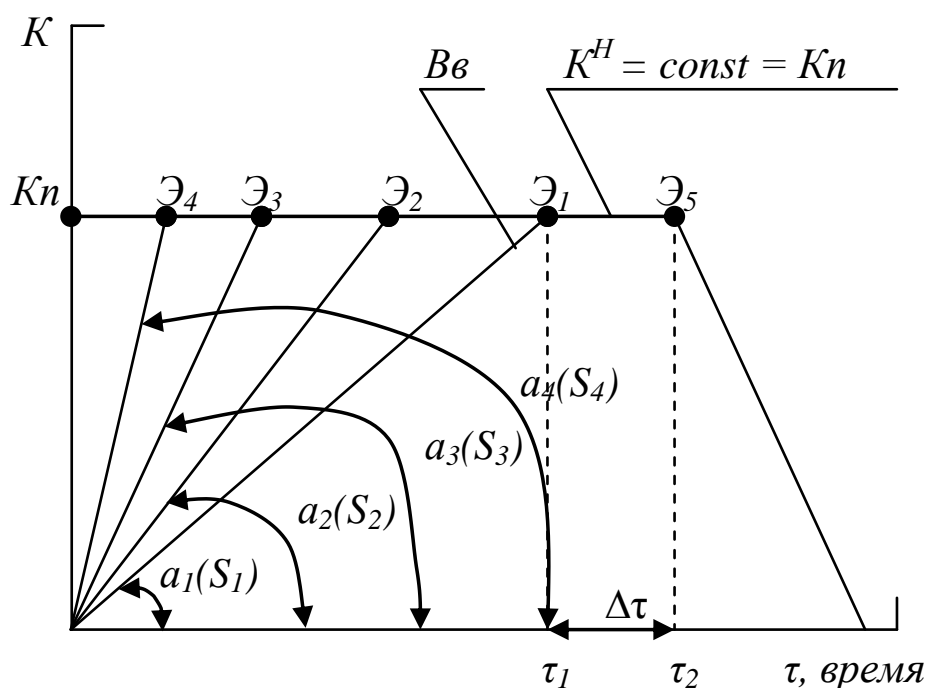


Рис. 3. Геометрический образ оптимизации качества жизненного цикла качества продукции: $Bв$ – восходящая ветвь; Kn – плановое качество продукции; $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$ – временной лаг устойчивого состояния функционирования качества продукции; $a_1(S_1)$, $a_2(S_2)$, $a_3(S_3)$, $a_4(S_4)$ – углы наклона $Bв$ ко временной оси; S_1, S_2, S_3, S_4 – чувствительности $Bв$ к изменениям качества продукции; $S_1 < S_2 < S_3 < S_4$; $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \mathcal{E}_4, \mathcal{E}_5$ – экстремальные точки, как настройки регуляторов интегрированной гибкой СМК гибкого предприятия

Такое «упорядочение» [2] гарантированно обеспечивают экстремальные регуляторы подсистемы моделей и подсистем «6М» интегрированной гибкой СМК (рис. 4).

Эффективность от упорядочения в подтверждении целесообразности хаордического управления качеством продукции гибкого предприятия представлена графически на рис. 5.

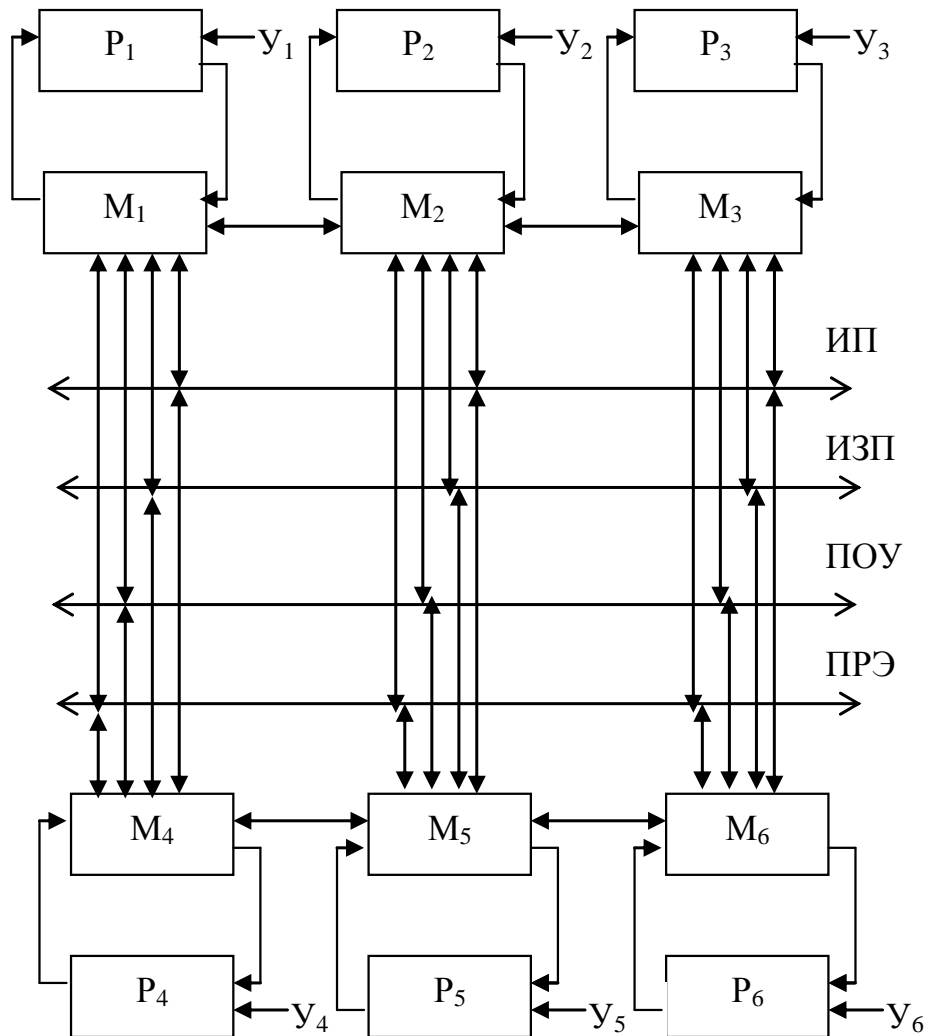


Рис. 4. Фрагмент структурной схемы интегрированной гибкой СМК гибкого предприятия: $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6$ – подсистемы $M_1 – M_6$; $M_1 – M_2$ – подсистемы моделей; $P_1 – P_6$ – экстремальные регуляторы; $Y_1 – Y_6$ – уставки от центрального оптимального регулятора СМК; ИП – информационная платформа; ИЗП – измерительная платформа; ПОУ – платформа оптимального управления; ПРЭ – платформа результативности и эффективности

Гибкие предприятия, входящие в кластер гибких предприятий, отличаются друг от друга различной временной характеристикой продолжительности жизненного цикла качества продукции. В связи с этим требование максимума чувствительности восходящей ветви жизненного цикла качества продукции не всегда выполнимо, поэтому решается в подсистеме

моделей интегрированной гибкой СМК гибкого предприятия задача по обеспечению максимума линейности этой восходящей ветви жизненного цикла качества продукции.

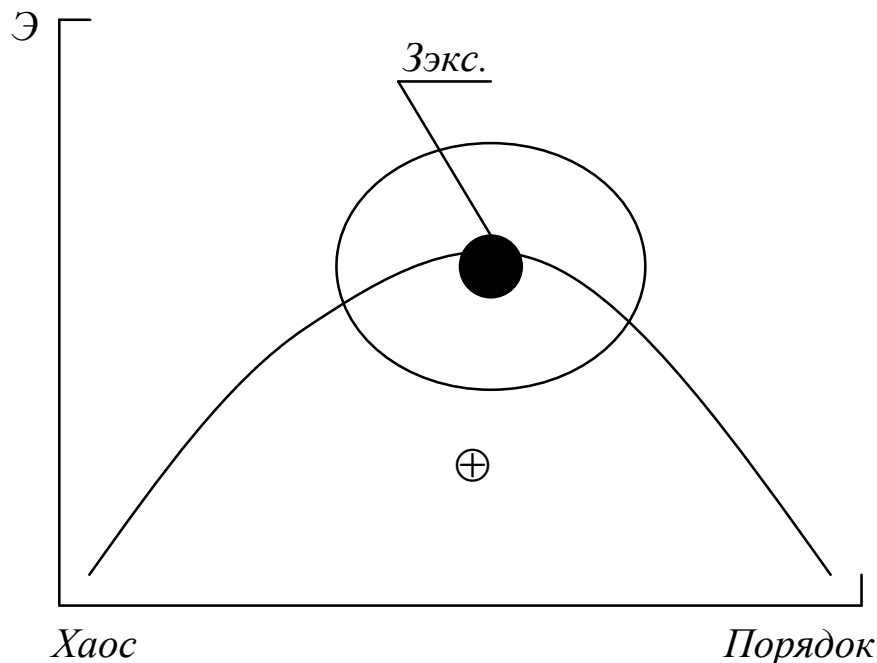


Рис. 5. Геометрический образ прироста эффективности при использовании экстремального и оптимального регулирования процессов качества продукции:
 Э – эффективность; Зэкс. – зона экстремума; ⊕ - прирост эффективности

Для этого в качестве критерия оптимизации формализуем выборочный коэффициент корреляции:

$$R^*[\tau_0, \bar{a}(q_0)] = A^*[\tau_0, \bar{a}(q_0)] \times \sqrt{\frac{m \sum_{i=1}^m \tau_{0i}^2 - (\sum_{i=0}^m \tau_{0i})^2}{m \sum_{i=0}^m \{f(\tau_{0i}, \bar{a}(q_0))\}^2 \sum_{i=0}^m f[\tau_{0i}, \bar{a}(q_0)]^2}};$$

$$\bar{a} \in D\bar{a}; \tau_{0i} \in [\tau_{0i}^*, \tau_{0i}^{**}], i = \overline{0, m}$$

$$A^* \in [A^*, A^{**}]; q_{0j} \in [q_{0j}^*, q_{0j}^{**}], j = \overline{1, m}.$$

Критерий $R^* \in [0, 1]$, причём чем ближе $R^* \rightarrow 1$, тем модель восходящей ветви жизненного цикла качества продукции ближе к линейной модели, что необходимо и достаточно для хаордического управления качеством продукции гибкого предприятия. Используемые при этом модели являются

информативными, точными, надёжными и быстродействующими, а входящие в них функции удовлетворяют требованиям ограниченности, непрерывности и дифференцируемости.

Измерительные процедуры качества продукции гибкого предприятия фиксируются индикаторами качества со шкалой:

$$I_k = f^*(Kn), \quad (6)$$

где I_k – индикатива качества продукции; Kn – качество продукции; $I_k \in [I_{k*}, I_{k**}]$; $Kn \in [Kn^*, Kn^{**}]$.

При этом абсолютная погрешность измерения составит значение:

$$\Delta(\tau_0) = f^*(Kn) - f^{**}(Kn), \quad (7)$$

$$\tau_0 \in [\tau_{0*}, \tau_{0**}], Kn \in [Kn^*, Kn^{**}],$$

где $f^{**}(Kn)$ – функция, обратная статической характеристике индикатора.

При условных (малых) погрешностях преобразования качества продукции ΔKn :

$$\Delta \tau_0 = \frac{\alpha f^*(Kn)}{\alpha Kn} - \Delta Kn + f^*(Kn) - f^{**}(Kn); \quad (8)$$

$$Kn = \Phi[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)]; Kn \in [K^*, K^{**}]; \tau_0 \in [\tau_{0*}, \tau_{0**}];$$

$$\bar{a} \in D\bar{a}; q_{0j} \in [q_{0j*}, q_{0j**}]$$

Для обеспечения линейности шкалы индикатора качества продукции необходимо:

$$I_k^* = \frac{K_{\Pi}}{A^*} - \frac{B^*}{A^*}, \quad (9)$$

$$I_k^* \in [I_{k*}^*, I_{k**}^*]; Kn \in [Kn^*, Kn^{**}],$$

$$\text{где для } A^* \text{ и } B^* \quad A^* \in [A_{*}^*, A_{**}^*]; B^* \in [B_{*}^*, B_{**}^*].$$

Абсолютная погрешность такой линеаризации определяется выражением:

$$\Delta I_k^*[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)] = \frac{1}{A^*} \Delta K_{\Pi}^*[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)], \quad (10)$$

$$\tau_0 \in [\tau_{0*}, \tau_{0**}], A^* \in [A_{*}^*, A_{**}^*]; \bar{a} \in D\bar{a};$$

$$q_{0j} \in [q_{0j*}, q_{0j**}], j = \overline{1, m}.$$

$$\Delta K_{\Pi}^*[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)] = |f[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)] - A^* \tau_0 - B^*|$$

Модели (7) – (10) целесообразно использовать на стадии проектирования гибкого предприятия и интегрированной гибкой СМК для оценок основной и дополнительной погрешностей, а также обобщённой метрологической характеристики индикатора качества продукции – класса точности.

Оценка среднего квадратического отклонения B_{Kn} случайной погрешности преобразования ΔK_{II} производится по модели:

$$\sigma_{Kn}^* = \sqrt{\left\{ \frac{\partial f_1[x, \bar{a}(\bar{q}_0)]}{\partial x} \right\}^2 \sigma_{\zeta_1} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{\partial f_1[x, \bar{a}(\bar{q}_0)]}{\partial a_i} \right\}^2 \sigma_{\tau_i}}, \quad (11)$$

где $K_{II} = f_1[f_0(\tau_0, \bar{q}_0), \bar{a}(\bar{q}_0)]$; $x = f_0(\tau_0, \bar{q}_0) + \zeta_1$ – входной сигнал индикатора;

$\sigma_{Kn}^* \in [\sigma_{Kn}^*, \sigma_{Kn}^{**}]; \bar{a} \in D\bar{a}; q_{0j} \in [q_{0j}^*, q_{0j}^{**}], j = \overline{1, m}$;

$\sigma_{\zeta_1}^* \in [\sigma_{\zeta_1}^*, \sigma_{\zeta_1}^{**}]; \sigma_{a_i}^* \in [\sigma_{a_i}^*, \sigma_{a_i}^{**}];$

σ_{ζ_1} – оценка среднего квадратического отклонения погрешности ζ_1 ;

σ_{a_i} – оценка среднего квадратического отклонения параметра настройки $a_i \in D\bar{a}$.

При нормальном законе распределения погрешности σ_{Kn}^* с вероятностью $P = 0,95$ оцениваем наибольшее значение погрешности:

$$\Delta K_{II|P=0,95}[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)] = 2\sigma_{Kn}^*[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)], \quad (12)$$

$\tau_0 \in [\tau_{0}^*, \tau_{0}^{**}]; \bar{a} \in D\bar{a}; \sigma_{Kn}^* \in [\sigma_{Kn}^*, \sigma_{Kn}^{**}]; q_{0j} \in [q_{0j}^*, q_{0j}^{**}], j = \overline{1, m}$.

Основная погрешность измерения качества продукции с помощью индикатора подсистемы менеджмента измерений интегрированной гибкой СМК определяется следующим выражением:

$$\delta_{npas}[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)] = \max \frac{2\sigma_{Kn}^*[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)] + \Delta K_{II}[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)]}{A^* \tau_0^*},$$

$\tau_0 \in [\tau_{0}^*, \tau_{0}^{**}]; q_{0j} \in [q_{0j}^*, q_{0j}^{**}]; A^* \in [A^*, A^{**}];$

τ_0^* – нормирующая величина.

Приведённая дополнительная погрешность измерения качества продукции индикаторами подсистемы менеджмента измерений интегрированной гибкой СМК:

$$\delta_{\text{дон}_j}[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)] = \max \left\{ \frac{\partial f_1[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)]}{\partial \tau_0} \cdot \frac{\partial f_0[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)]}{\partial q_{0j}} + \sum_{j=1}^m \frac{\partial f_1[\bar{a}_1(\bar{q}_0)]}{\partial a_j} \cdot \frac{\partial a_i(\bar{q}_0)}{\partial (q_{0j})} \right\} \frac{1}{A^* \tau_0}, \quad (13)$$

$$\bar{a} \in D\bar{a}; \tau_0 \in [\tau_{0*}, \tau_{0*}^*]; j = \overline{1, m}; A^* \in [A^*, A^{**}].$$

По классу точности выбираем индикаторы измерения качества продукции подсистемы менеджмента измерений интегрированной гибкой СМК гибкого предприятия, решая следующую задачу:

$$K\Gamma[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)] = \max \lambda_j \delta_{\text{дон}_j}[\tau_0, \bar{a}(\bar{q}_0)], \quad (14)$$

где λ_j – весовые коэффициенты, регламентированные индикаторными кластерами подсистемы менеджмента измерений; $\bar{a} \in D\bar{a}$; $q_{0j} \in [q_{0j*}, q_{0j*}^*]$; $\tau_0 \in [\tau_{0*}, \tau_{0*}^*]$; $j \in \overline{0, m}$.

Модели (11) – (14) обеспечивают необходимые и достаточные условия методического обоснования хаордического управления качеством (процессами качества) продукции гибкого предприятия, входящего в кластер гибких предприятий. Они реализуются в интегрированной гибкой СМК гибкого предприятия в процессной форме в подсистемах моделей. Данные процессы имеют своих владельцев и менеджеров, способных подготовить проекты управленческих решений о необходимости вмешаться в процесс по анализу динамики изменения показателей процессов, в основном, по феноменологическому анализу относительного тренда T процесса (рис. 6) [3].

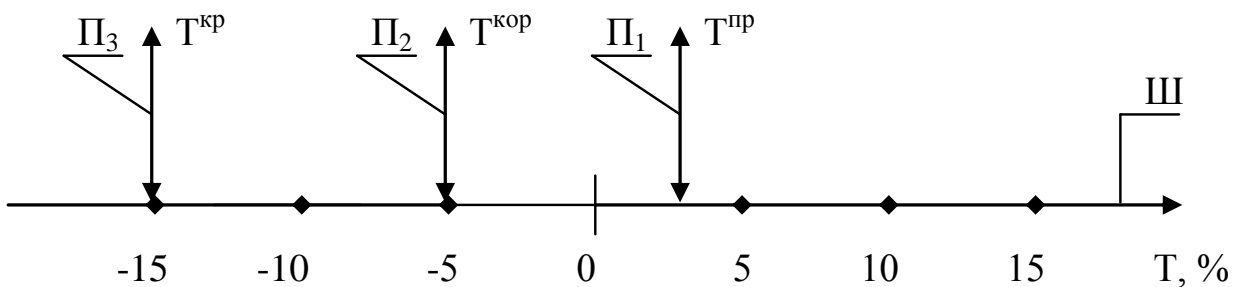


Рис. 6. Геометрический образ формирования проекта управленческого решения о необходимости вмешаться в процесс: \diamond – реперные точки;

Ш – шкала тренда; $\text{П}_1, \text{П}_2, \text{П}_3$ – платформы формирования предупреждающих (пр) решений, корректирующих (кор) решений и критических (кр) решений; $T^{\text{пр}}$,

$T_{кор}$, $T_{кр}$ – задания для регуляторов процессов качества продукции гибкого предприятия

В таблице 1 приведен методические рекомендации при комплементарном взаимодействии управленческих платформ $П_1 - П_3$.

Таблица 1 – Методические рекомендации феноменологического анализа взаимодействия управленческих платформ

№ п/п	Управленческие платформы	Методические рекомендации
1.	$П > П_1$ – рост точности и надёжности процесса	Состояние функционирования процесса определяется по соответствующей модели процесса
2.	$П_2 < П \leq П_1$ – снижение точности и надёжности процесса	По диаграмме Исикавы идентифицируются по критериям точности и надёжности процесса причины снижения точности и надёжности и с помощью циклов Деминга PDCA и SDCA [P – plan (планирование); S – standard (стандартизация); D – do (выполнение); C – control (контроль); A – action (действие)] эти причины устраняются
3.	$П_3 < П \leq П_2$ – критическое снижение точности и надёжности процесса	По диаграмме Исикавы идентифицируются и по критериям точности и надёжности причины критического снижения точности и надёжности процесса и с помощью циклов Деминга PDCA и SDCA эти причины устраняются
4.	$П \leq П_3$ – хаотическое снижение точности и надёжности процесса	По диаграмме Исикавы идентифицируются по критериям точности, надёжности и быстродействия причины хаотического снижения точности и надёжности процесса и с помощью циклов Деминга PDCA и SDCA эти причины устраняются

Список использованных источников и литературы

1. Управление качеством / Е.Б. Герасимова, Б.И. Герасимов, А.Ю. Сизикин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014. – 216 с.
2. Растимешин В.Е., Куприянова Т.М. Упорядочение. Путь к созданию качественного рабочего места: Практическое пособие. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2005. – 174 с.
3. Мищенко, Е.С., Пономарёв, С.В. Проектирование, формирование, внедрение и практическое использование системы менеджмента качества в образовательной организации / С.В. Пономарёв, Е.С. Мищенко. – Тамбов.: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 96 с.

© Ю.Ю. Лукашина, 2014