

МЕТОД СИНТЕЗА ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДАННЫХ О ПАРАМЕТРАХ ПРОЦЕССА И ПРОДУКЦИИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ «КАЧЕСТВО НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ»

Статья относится к области информационных технологий и систем обработки цифровых данных при решении задач менеджмента качества производства по требованиям стандартов (ISO, GMP, ICH). В статье предложен метод синтеза функции и определения параметров качества продукции на основе равномерно-наилучшего чебышевского приближения к заданной многомерной функции качества обобщёнными многочленами по системе линейно независимых базисных функций. Задача чебышевской аппроксимации на множестве точек пространства разработки (Design Space) согласно стратегии QbD позволяет получить для функции качества наименьшее возможное значение меры равномерного приближения, устойчивое к отклонениям определяющих параметров процесса – параметрам проектирования.

Ключевые слова: система менеджмента качества, функция качества, пространство разработки, многомерные данные, стратегия QbD, процессный подход, структурирование функции качества (QFD), обобщённые многочлены, параметры проектирования, чебышевская аппроксимация, мера равномерного приближения, последовательная чебышевская интерполяция, модифицированный симплекс-метод

Nakonechnyi V. S., Tereshchenko A. I. A method for synthesizing a quality function to optimize data about process and product parameters when implementing a «Quality by Design» strategy.

The subject of the article is the area (space) of product quality development – Design Space (QbDstrategy), when a certain combination of several process parameters affecting the desired property (quality) of the product is considered. Based on the results of a multifactorial experiment / simulation of the proposed process function, the permissible ranges of variability of each process parameter are established on the basis of degree of its influence on the expected specification of product quality. The above corresponds to the third stage of QFD Quality Management System.

The article refers to the field of information technology and digital data processing systems when solving the tasks of quality management in accordance with the requirements of standards (ISO, GMP, ICH). The article suggests a method for synthesizing a function and determining product quality parameters based on the uniformly-best Chebyshev approximation to a given multidimensional quality function by generalized polynomials in a system of linearly independent basis functions. The problem of the Chebyshev approximation on the set of points in the Design Space according to the QbD strategy makes it possible to obtain for the quality function the smallest possible value of the uniform approximation measure, which is resistant to deviations of the defining parameters (process-design parameters).

Keywords: quality management system, quality function, design space, multidimensional data, QbD strategy, process approach, quality function deployment (QFD), generalized polynomials, design parameters, uniform approximation measure, sequential Chebyshev approximation, modified simplex method

1. Введение

Постановка проблемы в общем виде. При численном моделировании систем менеджмента качества (СМК) в рамках процессного подхода [1-3] управления производством все более востребованными становятся решения не только прямых задач, – где требуется моделировать процесс при известных исходных данных, но и решения обратных задач, – когда необходимо найти определяющие параметры, при которых наблюдается то или иное значение на выходе процесса [4].

Такая постановка требует многократного решения прямых задач с последующим оптимизационным анализом. Результатом решения при этом являются многомерные массивы дискретных величин, выражающие зависимость искомой функции (управляющего параметра) от определяющих параметров рассматриваемой задачи. Полученные таким образом многомерные численные результаты (данные) нуждаются в дальнейшей обработке и анализе.

Анализ литературных источников. В настоящее время исследование многомерных данных является ключевым разделом современной математической статистики с обширными приложениями в различных отраслях экономики [4-9]. Одним из наиболее известных методов анализа многомерных данных (АМД) является метод главных компонент и его обобщения для нелинейных случаев [4, 5]. Методы анализа многомерных данных реализуются в тесной взаимосвязи и взаимодействии с методами факторного и кластерного анализа [6].

Нерешенные задачи. Количество точек оценивания в алгоритмах АМД определяется как M^n , если принять M точек разбиения в каждом измерении n -мерного пространства. С этим числом связано и количество однотипных прямых и обратных задач, что приводит к необходимости понижения размерности из-за большого объема данных при вычислениях. Кроме этого, вызывает определённые трудности выбор начальных приближений параметров проектирования с точки зрения оптимизации функции качества и робастности (устойчивости к изменчивости параметров и воздействию помеховых факторов) [10].

Цель и задачи исследования. В статье предложен метод синтеза функции и определения параметров качества продукции на основе равномерно-наилучшего чебышевского приближения к заданной многомерной функции качества обобщёнными многочленами по системе линейно независимых базисных функций [11]. Решение чебышевской задачи производится по аналогии с методом последовательных чебышевских интерполяций (п.ч.и.) Ремеза и сводится к задаче линейного программирования. При решении реализуется прямая и двойственная задачи линейного программирования, причем, ведущая – двойственная, которая решается модифицированным симплекс-методом (м.с.-м.), который можно рассматривать как инжиниринговое построение функции сложной системы из блоков или модулей определённого типа.

Задача чебышевской аппроксимации на множестве точек пространства разработки позволяет получить наименьшее возможное значение меры равномерного приближения к заданной функции качества процесса, устойчивое к отклонениям определяющих параметров процесса (параметрам проектирования). Под синтезом будем понимать инжиниринговое построение функции сложной системы из блоков или модулей определённого типа.

Актуальность предлагаемого метода. Метод соответствует доминирующей тенденции: смещения акцентов достижения качества продукции на этап проектных разработок QbD (Quality-by-Design) при «процессном подходе» к СМК – структурировании функции качества производства – QFD (Quality Function Deployment) [12, 13].

Актуальность такого подхода получает подтверждение в концепциях QbD фармацевтической системы качества ICHQ8 [14], а также HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) [7-9], которая находит применение в стандартах ISO серий 9000 и 22000 [8, 15].

2. Изложение основного материала исследования

Предметом рассмотрения статьи является область (пространство) разработки качества продукта – Design Space согласно стратегии QbD [12, 13].

2.1. Место рассматриваемой задачи в системе менеджмента качества производственного процесса. Предметом рассмотрения статьи является область (пространство) разработки качества продукта – Design Space [12, 13], когда рассматривается комбинация нескольких параметров (данных) процесса, влияющих на желаемое свойство (качество) продукта. По результатам многофакторного эксперимента/моделирования предложенной функции процесса устанавливаются допустимые диапазоны изменчивости каждого параметра процесса исходя из степени его влияния на ожидаемую спецификацию качества продукта. Отмеченное в большей степени соответствует 3 этапу QFD СМК [1, 2].

На этом этапе свойства (параметры качества) продукта и его компонентов трансформируются в конкретные технологические процессы, обеспечивающие изготовление

продукта с заданными свойствами. Этот этап QFD также предусматривает идентификацию важнейших (критичных) параметров каждой операции и выбор методов их контроля – Рис.1.

При оценивании функции качества предполагается использовать особенность процессной методологии НАССР – управление малым, т.е. критическим количеством аспектов (параметров) системы (процесса), при котором достигается эффект, превышающий результат одновременного воздействия на все (или большинство) параметры системы (процесса) [7, 8, 9].

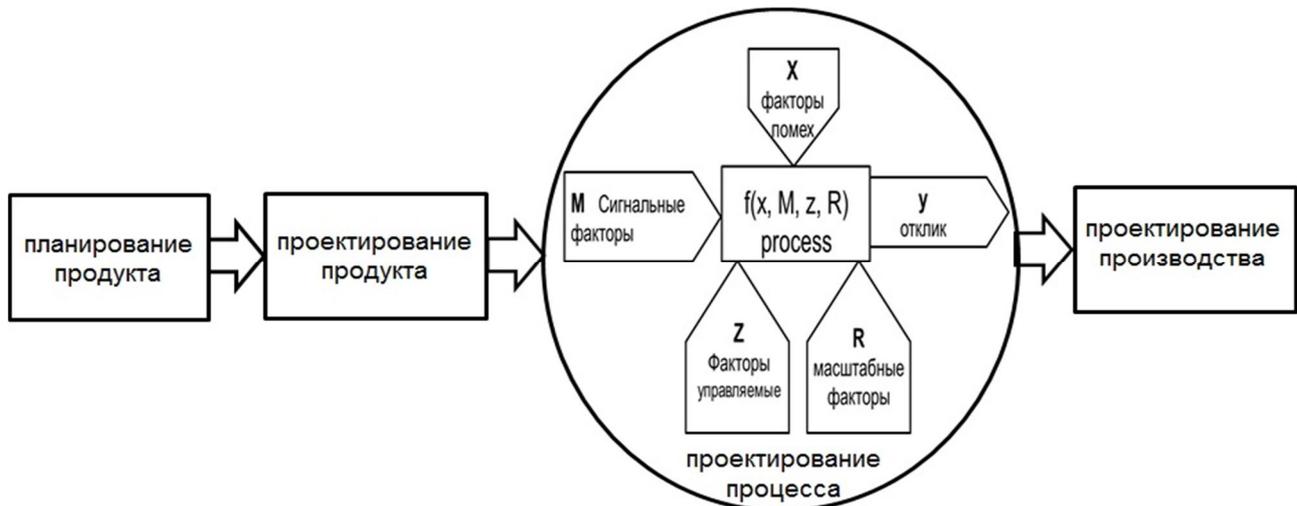


Рис.1. Четыре этапа QFD и место функции качества на этапе проектирования производственного цикла

Метод QbD предполагает описание пространства разработки (область проектных решений) – Design Space как некую комбинацию (функциональную зависимость) одного или нескольких параметров процесса, влияющих на качество продукта [12, 13, 14]. Область проектных решений выражается либо в виде математической зависимости и/или в виде диапазона параметров соответствующего процесса, влияющих на качество продукта.

Цель проводимого анализа – идентифицировать не только значения параметров проектирования (процесса), но и их функциональную связь с выходным значением – откликом (ожидаемой спецификацией качества продукта), при которой влияние отклонений параметров проектирования минимально.

2.2. Система менеджмента качества по методу Тагути. Известный метод решения задачи определения требуемых параметров производственного процесса и менеджмента качества [1, 2] – подход Тагути (Genichi Taguchi), вводит квадратичную функцию потерь (Quality Loss Function – QLF), когда уменьшение отклонения отклика процесса от заданного приводит к снижению потерь и соответственно к улучшению качества.

$$l(y) = k(y - \tau)^2, \quad (1)$$

где k – константа; y – выходная характеристика (отклик); τ – заданное (желаемое) значение y ; $l(y)$ – потери, выраженные, например, в денежных единицах, которые несет потребитель в течение срока службы изделия из-за отклонения y от τ .

При этом зависимость отклика процесса от параметров проектирования (2) представляется в виде суммы, так называемой прогнозируемой и непрогнозируемой функциональными зависимостями отклика процесса от параметров проектирования – рис.1, (3).

$$y = f(x, M, z, R). \quad (2)$$

$$y = g(M, z, R) + e(x, M, z). \quad (3)$$

Функция (2) состоит из двух частей:

$g(M; z, R)$ – прогнозируемое и желаемое функциональное отношение y и M, z, R ;

$e(x, M; z, R)$ – непрогнозируемая и нежелательная часть отношения y и M, z, R .

Факторы, влияющие на отклик, представлены в виде четырёх следующих классов: сигнальные факторы – M , управляемые факторы – z , масштабно выравнивающие факторы – R , факторы помех – x .

Значения параметров z по Тагути определяются путем систематического и планомерного варьирования значениями их определённых наборов в эксперименте/моделировании и дальнейшего сравнения результатов влияния факторов помех для каждого такого тестового набора на выходную величину y (характеристику) процесса. То есть результирующая выходная характеристика оценивается для всех промежуточных значений, полученных при воздействии помеховых факторов для каждого из тестовых наборов. Такое исследование Тагути рекомендует выполнить с помощью статистического планирования экспериментов при использовании ортогональных планов.

Таким образом, вариация множества значений выходной характеристики имитирует вариацию выхода изделия (или процесса) для заданных значений параметров проектирования и позволяет сделать вывод о оптимальном наборе параметров проектирования, устойчивых к воздействию помеховых факторов.

2.3. Предлагаемый метод решения задачи синтеза функции качества. В статье предложен метод, когда связь выхода процесса с входом описывается (моделируется, синтезируется) функцией, значения которой при воздействии помех наименее отклоняются от заданного в определённых (стандартных) пределах.

Оптимальные значения параметров процесса при этом находятся, например как корни полинома, аппроксимирующего заданную функциональную зависимость выхода от входа процесса – $f(X)$ либо как переменные многомерного пространства, где достигается наилучшее по выбранному критерию приближение. Требуется также, чтобы значения функции-аппроксиманта наименее отклонялись от заданного значения в определённом интервале, а её параметры были ограничены областью значений (допусков). Подобная постановка проблемы полностью соответствует аппроксимационной трактовке по Чебышеву [11, 16].

В случае равномерного приближения функций $f(X)$ k переменных $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ наилучшее приближение обобщёнными многочленами по системе линейно независимых базисных функций [11]:

$\varphi_1(X), \dots, \varphi_n(X)$ на множестве $E_n = \{X^{(1)}, \dots, X^{(N)}\}$, $F_n(X; Z) = \sum_{j=1}^n Z_j \varphi_j(X)$, а именно:

$$\max_{x \in E} \left| f(X) - \sum_{j=1}^n Z_j \varphi_j(X) \right| = L(z_1, z_2, \dots, z_n) = \min, \quad (4)$$

где $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$, находится как решение частного случая задачи построения равномерно-наилучшего приближения к решению систем несовместных линейных уравнений

$$\Phi_i(Z) = \sum_{j=1}^n Z_j \varphi_j(X^{(i)}) - f(X^{(i)}), \quad (i = \overline{1, N}) \quad (5)$$

относительно таких значений параметров $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$, чтобы значение величины

$\max_{1 \leq i \leq 2N} |\Phi_i(Z)|$, было наименьшим возможным, т.е. $\max_{1 \leq i \leq 2N} |\Phi_i(Z)| \equiv L(Z) \rightarrow \min_Z = \rho$.

Присоединяя к каждой функции $\Phi_i(Z) = \sum_{j=1}^n a_{ij}z_j + b_i$ её «симметричную копию»:

$\Phi_{N+i}(Z) = -\Phi_i(Z) = -\sum_{j=1}^n a_{ij}z_j - b_i$, задачу (4)-(5) представляем в виде задачи алгебраического

минимакса:

$$\Phi_i(Z) = \sum_{j=1}^n a_{ij}z_j + b_i \approx 0 \quad (i = \overline{1, 2N}; a_{i \pm N, j} = -a_{ij}; b_{i \pm N} = -b_i), \quad (6)$$

$$\max_{i=1, 2N} \Phi_i(Z) = \max_{i=1, 2N} \left(\sum_{j=1}^n a_{ij}z_j + b_i \right) \equiv L(Z) = \min = \rho. \quad (7)$$

Задачи (4)-(5) и (6)-(7) эквивалентны задаче линейного программирования:

$$\Lambda = \min, \quad \xi = \Lambda - \Phi_i(Z) = -\sum_{j=1}^n a_{ij}z_j - b_i + \Lambda \geq 0, \quad (i = \overline{1, 2N}). \quad (8)$$

Алгоритм решения чебышевской задачи (7) реализует аналог метода последовательных чебышевских интерполяций (п.ч.и.) Ремеза для случая сведения к задаче линейного программирования. В алгоритме реализуется прямая и двойственная задачи линейного программирования, причем, ведущая – двойственная, которая решается модифицированным симплекс-методом (м.с.-м.).

В результате получаем на практике число уравнений N значительно больше числа неизвестных n , и таблица «расширенного базиса» размера $(n+2, n+4)$ при м.с.-м. существенно меньше опорной таблицы $(n+2, N)$ при использовании прямого (с.-м.).

Для определения того, насколько полученное приближенное решение близко к точному, подставим найденные значения z_1, z_2, \dots, z_n в линейные функции $\Phi_{i_v}(Z)$ ($v = \overline{1, n+1}$) и получим значения $\Phi_{i_1}(Z), \Phi_{i_2}(Z), \dots, \Phi_{i_{n+1}}(Z)$.

Наименьшее и наибольшее по модулю значения полученных функций $\Phi_{i_v}(Z)$ ($v = \overline{1, n+1}$) дают величины:

$$A = \min_{v=1, n+1} |\Phi_{i_v}(Z)| \quad \text{и} \quad L = \max_{v=1, n+1} |\Phi_{i_v}(Z)|,$$

которые являются нижней и верхней границами величины наилучшего приближения ρ , т.е. $A \leq \rho \leq L$.

Критерием конца работы алгоритма является неравенство $L - \rho \leq L - A$.

В предлагаемом методе, оптимальные значения параметров проектирования определяются как параметры (аргументы) оптимальной по Чебышеву функции-аппроксиманта желаемой функции качества процесса представляющую собой зависимость выходной характеристики (отклика) от управляемых, сигнальных и масштабно-выравнивающих параметров.

Эту функцию процесса предлагается считать своего рода передаточной функцией ожидаемого (желаемого) преобразования воздействия управляемого параметра в отклик процесса при определённых значениях сигнальных и масштабно-выравнивающих параметров. При этом принципиально потребовать, чтобы передаточная функция процесса – аппроксимант была устойчива к воздействию разного рода помеховых воздействий и наименее отклонялась от ожидаемой.

3. Отличия и преимущества предложенного метода

Одним из недостатков метода Тагути можно считать «трудности» (неопределённость) в определении вида функции потерь – $l(y)$. Предлагаемый метод лишён этого недостатка т. к. базируется на понятии «точности приближения» по Чебышеву к заданной (стандартной, например) функциональной зависимости выходного значения (отклика) от параметров проектирования.

Предложенный метод (согласно концепции QbD) позволяет сфокусировать внимание на готовом продукте и его потребителе. Сначала определяются возможные риски для потребителя (НАССР), связанные с применением продукта, а затем в обратном порядке по ходу разработки устраняются все возможные критические опасности, связанные, например, с используемым сырьем и параметрами производственного процесса наиболее подверженными помеховому влиянию путем синтеза передаточной функции.

Предложенный подход к проектированию процесса, дополнительно включает следующие элементы:

- Определение свойств составляющих продукта, которые могут оказать влияние на критические свойства продукта с помощью углубленной оценки рисков;
- Определение степени влияния изменчивости свойств составляющих и параметров технологического процесса на критические свойства продукта с помощью полнофакторного математического моделирования;
- Формирование стратегии контроля исходя из результатов комплексной оценки рисков и проведенных экспериментов. Например, определение пространства разработки (DesignSpace);
- Смещение акцентов с эпизодической ревалидации на непрерывное подтверждение пригодности параметров процесса и организацию выпуска по параметрам.

4. Выводы

Преимущества предлагаемого метода решения задачи оптимизации параметров процесса к воздействию помеховых факторов с целью достижения желаемого качества продукта заключаются в следующем:

1. На этапе проектных разработок могут быть заданы адекватные и устойчивые к помехам (робастные) функциональные зависимости входов и выходов процессов, параметры которых находятся в результате решения задачи чебышевской аппроксимации.

2. Решение задачи может быть связано с управлением малым количеством параметров системы (процесса), которые целесообразно определять также на этапе проектных разработок на основе методов, реализующих НАССР.

3. Методика решения сформулированной задачи оптимизации предполагает реализацию стратегии «результат за один шаг» (Филипп Кросби, Philip Crosby) [17], что способствует снижению производственных расходов как на достижение требуемого качества продукта производства, так и на устранение причин и последствий его неудовлетворительного качества.

4. Методика описания устойчивых (наименее отклоняющихся от заданных значений) функций процессов по Чебышеву предлагает и практически ориентированную трактовку атрибутов: передаточных функций, параметров этих функций, допусков отклонений параметров и т.д.

Предложенный метод предполагается использовать в тесной связи с принципами управления рисками для качества QRM (Quality Risk Management). В рамках внедрения риск-ориентированного подхода к СМК требуется уделять больше внимания внутренним и внешним заинтересованным сторонам, а также иметь в виду важность внедрения системы менеджмента качества как стратегического решения для организации (ISO 9001:2015).

Список использованной литературы

1. Пономарев, С. В. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества: учебное пособие [Текст] / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко, В. Я. Белобрагин, В. А. Самородов, Б. И. Герасимов, А. В. Трофимов, С. А. Пахомова, О. С. Пономарева. – Москва: РИА «Стандарты и качество», 2005. – 248 с
2. Кане, М. М. Системы, методы и инструменты менеджмента качества [Текст] / М. М. Кане, Б. В. Иванов, В. Н. Корешков, А. Г. Схиртладзе. – Санкт-Петербург: Питер, 2008. – 560 с.
3. Руководство по концепции и использованию процессного подхода для систем менеджмента [Электронный ресурс] // ISO/TC 176/SC 2/N 544R3. – Режим доступа: www.iso.org/tc176/sc2.
4. Бондарев, А. Е. Анализ многомерных данных в задачах многопараметрической оптимизации [Текст] / А. Е. Бондарев, В. А. Галактионов, Т. Н. Михайлова, И. Г. Рыжова. – Москва: Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН, 2012. – 16 с.
5. Зиновьев, А. Ю. Визуализация многомерных данных [Текст] / А. Ю. Зиновьев. – Красноярск, Изд. КГТУ, 2000. 180 с.
6. Ким, Дж. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ [Текст] / Дж. Ким, Ч. Мюллер и др. – Москва : «Финансы и статистика», 1989. – 216 с.
7. Мейес, Т. Эффективное внедрение HACCP. Учимся на опыте других. [Текст] / Т. Мейес, С. Мортимор. – Москва : Профессия, 2005. – 288 с.
8. Системы управления безопасностью пищевых продуктов. Требования для любых организаций пищевой цепи [Электронный ресурс] // ISO 22000:2005. – Режим доступа: <http://www.iso.org>.
9. U. S. Food & Drug administration. Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/HACCP/>
10. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути [Текст] / под ред. А. М. Талалая. – Москва : ООО «Сейфи», 2002. – 384 с.
11. Каленчук-Порханова А. А. Наилучшая чебышевская аппроксимация функций одной и многих переменных [Текст] / А. А. Каленчук-Порханова // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – Т. 45, № 6. – С. 155-164.
12. Schweitzer, Mark. Implications and Opportunities of Applying QbD Principles to Analytical Measurements. Pharmaceutical Technology [Электронный ресурс] / Schweitzer Mark et al. – February 2010. – No. 34(2). – P. 52–59. – Режим доступа: <http://www.pharmtech.com/implications-and-opportunities-applying-qbd-principles-analytical-measurements>.
13. Food and Drug Administration. Final Report on Pharmaceutical cGMPs for the 21st Century – A Risk Based Approach. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – http://www.fda.gov/cder/gmp/gmp2004/GMP_finalreport2004.htm
14. Q8 (R2): Pharmaceutical Development, Revision 1, ICH Harmonized Tripartite Guidelines, International Conference on Harmonization of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use, 2007. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ich.org/products/guidelines/quality/quality-single/article/pharmaceutical-development.html>
15. ISO 9000:2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iso.org>.
16. Бахвалов, Н. С. Численные методы: учебное пособие [Текст] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 636 с.

17. Кросби, Ф. Б. Качество и я. Жизнь бизнесмена в Америке [Текст] / Ф. Б. Кросби. – Москва : РИА «Стандарты и качество», 2003. – 264 с.

References

1. Ponomaryov S. V., Mishhenko S. V., Belobragin V. Ya., Samorodov V. A., B. I. Gerasimov, Trofimov A. V., Pahomova S. A., Ponomaryova O. S. (2005). Product quality management. Tools and methods of quality management: Moskva, RIA «Standarty` ikachestvo», Russia, 248 p.
2. Kane M. M., Ivanov B. V., Koreshkov V. N., Shirladze A. G. (2008). Systems, methods and tools of quality management: textbook. Sankt-Peterburg: Piter, Russia, 560 p.
3. Guidance on the concept and use of the process approach. ISO/TC 176/SC 2/N 544R3. Available at: www.iso.org/tc176/sc2.
4. Bondarev A. E., Galaktionov V. A., Mihajlova T. N., Ryzhova I. G. (2012). Analysis of multidimensional data in multiparametric optimization problems. Moskva, 16 p. Available at: <http://sv-journal.org/2012-2/01/index.html>
5. Zinov`ev A. Yu. (2000). Visualization of multidimensional data. Krasnoyarsk, Russia, 180 p.
6. Kim Dzh., MyullerCh. et. al. (1989). Factor, discriminant and cluster analysis. Moskva, Russia, 216 p.
7. Mejes T., Mortimor S. (2005). Effective implementation of HACCP. Learning from the experience of others. Moskva, 288 p.
8. Food safety management systems. Requirements for any food chain organization. (2005). ISO 22000:2005. Available at: <http://www.iso.org>.
9. U.S. Food & Drug administration. Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP). Available at: <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/HACCP/>
10. Quality management. Robust Design. Metod Taguti (2002). At ed. A.M. Talakhaia. Moskva, 384 p.
11. Kalenchuk-Porhanova A. A. (2009). The best Chebyshev approximation of functions of one and many variables. Kibernetika i systemnyi analiz, Russia, vol. 45, no 6, pp. 155-164.
12. Schweitzer Mark; et al. (February 2010). Implications and Opportunities of Applying QbD Principles to Analytical Measurements. Pharmaceutical Technology, 34 (2), pp. 52–59.
13. Food and Drug Administration. Final Report on Pharmaceutical cGMPs for the 21st Century – A Risk Based Approach. Available at: http://www.fda.gov/cder/gmp/gmp2004/GMP_finalreport2004.htm
14. Q8 (R2): Pharmaceutical Development, Revision 1, ICH Harmonized Tripartite Guidelines, International Conference on Harmonization of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use. (2007). Available at: <http://www.ich.org/products/guidelines/quality/quality-single/article/pharmaceutical-development.html>
15. Quality management systems. Basic provisions and vocabulary (2015). ISO 9000:2015. Available at: <http://www.iso.org>.
16. Bahvalov N. S., Zhidkov N. P., Kobel`kov G. M. (2004). Numerical methods. Moskva, Russia, 636 p.
17. Krosbi F. B. (2003). Quality and I. The life of a businessman in America. Moskva, Russia, 264 p.

Автори статті

Наконечний Володимир Сергійович – доктор технічних наук, с.н.с, директор навчально-наукового інституту захисту інформації, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел.: +380 (68) 937 37 32. E-mail: nvc2006@mail.ru

Терещенко Антон Ігорович – аспірант, кафедра управління інформаційною безпекою, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел.: +380 (68) 749 73 67. E-mail: arisen001@gmail.com

Authors of the article

Nakonechnyi Volodymyr Serhiyovych – doctor of sciences (technical), senior researcher, director of educational-scientific institute of information security, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel.: +380 (68) 937 37 32. E-mail: nvc2006@mail.ru

Tereshchenko Anton Ihorovych – post-graduate student, department of information security management, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel.: +380 (68) 749 73 67. E-mail: arisen001@gmail.com

Дата надходження

в редакцію: 12.04.2017 р.

Рецензент:

доктор технічних наук, професор В. А. Дружинін
Державний університет телекомунікацій, Київ