

УДК 637.52 (075)

# Совершенствование управления с использованием характеристик энтропийных потенциалов. Адаптация к специфике биотехнологической промышленности

Канд. техн. наук В. Л. ЛАЗАРЕВ

holod25@yandex.ru

Университет ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*Изложен подход к организации мониторинга и управления, основанный на использовании информационных портретов и изображений состояний систем в пространстве характеристик энтропийных потенциалов. Предложенные технологии построения информационных портретов также основаны на использовании этих же характеристик. В основе разработанного подхода использованы положения и методы теории энтропийных потенциалов. В результате представляется возможным получать «информативные» и компактные отображения состояний систем, которые удобно использовать для организации мониторинга, наладки и модернизации оборудования и робастного управления. Предлагаемые технологии проведения исследований и принятия решений по организации управления адаптированы к специфике процессов и производств биотехнологической промышленности. Особенностью указанного направления является наличие априорной неопределенности, обусловленной сложностью и дороговизной проведения измерений состава и свойств сырья, ингредиентов и готовой продукции. Это обстоятельство, в свою очередь, и порождает проблему «дефицита» измерительной информации при проведении мониторинга и организации управления. Для иллюстрации возможностей и целесообразности использования предложенного подхода рассмотрен конкретный пример организации мониторинга и управления температурным режимом холодильной камеры в различных ситуациях и при наличии различных возмущающих воздействий.*

**Ключевые слова:** теория энтропийных потенциалов, информационные модели, мониторинг, управление.

## Информация о статье

Поступила в редакцию 11.05.2016, принята к печати 24.10.2016

doi: 10.21047/1606-4313-2016-15-4-68-73

## Ссылка для цитирования

Лазарев В. Л. Совершенствование управления с использованием характеристик энтропийных потенциалов. Адаптация к специфике биотехнологической промышленности // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 68–73.

## Improvement of monitoring and control based on the use of entropy potentials. Adaptation to biotechnology

Ph. D. V. L. LAZAREV

holod25@yandex.ru

ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov St., 9

*The paper describes an approach to organization of monitoring and control based on the use of information portraits and portraits of systems in the space of entropy potentials' characteristics. The proposed technologies of information portrait construction are also based on the use of the same characteristics. Assumptions and methods of entropy potentials' theory of are used as a basis of the developed approach. The results allow obtaining informative display status for systems that are useful for monitoring and management of equipment and robust control. We offer solutions for research and decision making in management adapted to the character of biotechnology industry. This area in question is characterized by the presence of a priori uncertainty. This problem arose from the difficult and expensive analyses of composition and properties for raw materials, ingredients and finished products. That results in the lack of measurement data for monitoring and control. To illustrate the perspectives of the proposed method a case study of refrigerating chamber temperature mode monitoring and control in different conditions and under different perturbation actions is considered.*

**Keywords:** theory of entropy potentials, information models, monitoring, control.

Особенностью организации процессов управления в ряде отраслей биотехнологической промышленности

является наличие априорной неопределенности, обусловленной «дефицитом» измерительной информации, необ-

ходимой для принятия управленческих решений и выработки управляющих воздействий [1–3]. Это обстоятельство, в основном, порождено сложностью, дороговизной и длительностью проведения ряда измерений по определению состава и свойств сырья, ингредиентов и готовой продукции. В результате снижается эффективность управления, что, в конечном счете, приводит к появлению состояний неопределенности свойств выпускаемой продукции или нахождения объектов. Поэтому актуальной является задача создания интеллектуальных технологий мониторинга и управления в условиях дефицита исходной информации [1, 2, 4]. Существуют различные подходы к решению подобных проблем, каждый из которых имеет свои особенности [4–6]. Одним из перспективных, адаптированных к реалиям биотехнологической промышленности, является подход, основанный на использовании наработок и методов теории энтропийных потенциалов (ТЭП) [5–7]. Использование методов ТЭП позволяет получать наглядные и компактные когнитивные образы состояний различных объектов в виде информационных портретов и портретов в координатах пространства энтропийных потенциалов [6–9]. Причем решение таких задач может быть осуществлено даже в условиях априорной неопределенности, обусловленных недостатком исходной информации. Суть подхода состоит в следующем.

В рамках ТЭП состояние неопределенности параметров объекта или системы предлагается описывать с помощью набора величин энтропийных потенциалов, отвечающих принципу «вложения». При этом подразумевается, что процедура «упрощения» осуществляется путем «замораживания» или пренебрежения изменением какой-либо характеристики состояния неопределенности параметра и наоборот. Таковыми являются: энтропийный коэффициент  $K_e$ , характеризующий «дестабилизирующее» влияние закона распределения параметра на его состояние неопределенности,  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение параметра (СКО),  $X_n$  — базовое значение параметра, на фоне которого рассматривается состояние неопределенности и др. Выбор конкретного варианта величины энтропийного потенциала осуществляется исходя из специфики поставленной задачи и требуемой глубины рассмотрения явления. Применительно к поставленной задаче целесообразно ограничиться использованием величины энтропийного потенциала (ЭП) —  $\Delta_e$  (в отличие, например, от величин комплексного ЭП, многомерного ЭП и др.). Получаемые при этом портреты будут находиться в двумерном пространстве, что позволяет получать простые и наглядные иллюстрации состояний неопределенности на плоскости. Величина  $\Delta_e$ , согласно имеющемуся определению, находится из выражения [5–7]

$$\Delta_e = \frac{1}{2} e^{H_x} = K_e \sigma, \quad (1)$$

где  $H_x = - \int_{-\infty}^{\infty} p(x) \ln p(x) dx$  — энтропия анализируемого параметра  $x$ ;  $p(x)$  — плотность распределения вероятности.

Правая часть выражения (1) позволяет частично проиллюстрировать суть принципа «вложения». Действительно, если пренебречь изменением вариативных

свойств закона распределения параметра (т. е. считать, что  $K_e = \text{const}$ ), то описание состояния неопределенности упростится до величины СКО. На основании выражения (1) можно осуществить графическую иллюстрацию каждого отдельного состояния неопределенности параметра в пространстве координат  $\sigma$  и  $K_e$  в виде соответствующей изображающей точки. Совокупность изображающих точек, соответствующих последовательным изменениям состояний неопределенности образует некую траекторию, иллюстрирующую режим изменения этих состояний. Если в процессе эволюции или управления состояние неопределенности параметра не изменяется, что соответствует условию

$$\Delta_e = K_e \sigma = C = \text{const}, \quad (2)$$

то такая кривая носит название линии постоянного энтропийного потенциала — изотропы. Совокупность траекторий, соответствующих возможным режимам состояний объекта или системы, образует портрет в пространстве характеристик энтропийных потенциалов.

На основе характеристик ЭП представляется возможным осуществить переход к обобщенной иллюстрации процесса изменения состояний неопределенности в виде информационного портрета. Для этого используются следующие соображения и выкладки [9–12].

Обозначим состояния неопределенности системы на двух последовательных этапах значениями энтропийных потенциалов  $\Delta_{e1}$  и  $\Delta_{e2}$ . Тогда изменение этого состояния будет описываться отношением этих величин ЭП, которое с учетом выражения (1) можно представить в виде

$$\frac{\Delta_{e1}}{\Delta_{e2}} = \frac{\frac{1}{2} e^{H_{x1}}}{\frac{1}{2} e^{H_{x2}}} = e^{H_{x1} - H_{x2}} = e^I, \quad (3)$$

где  $I = H_{x1} - H_{x2}$  — количество информации, «порожденное» изменением состояния неопределенности системы при переходе с одного этапа на другой.

Откуда следует

$$\begin{aligned} I &= \ln \frac{\Delta_{e1}}{\Delta_{e2}} = \ln \frac{K_{e1} \sigma_1}{K_{e2} \sigma_2} = \ln \frac{K_{e1}}{K_{e2}} + \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \\ &= \ln k_{ke} + \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = I_l + I_p, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $k_{ke} = \frac{K_{e1}}{K_{e2}}$  — коэффициент преобразования закона распределения параметра, характеризует изменение его «вариативных» свойств.

В выражении (4) использованы ранее введенные и обоснованные обозначения:  $I_l = \ln k_{ke}$  — интеллектуальная составляющая информации;  $I_p = \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$  — энергетическая составляющая информации [10–12]. Величина  $I$  при таком подходе может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Отрицательные значения имеют место, когда переход к последующему этапу характеризуется возрастанием состояния неопределенности системы ( $H_1 < H_2$ ) и, наоборот. Этот вопрос подробно рассмотрен в работе [5]. Реальный диапазон изменения величины  $K_e$  находится в пределах  $1 \leq K_e \leq 2,07$ , причем

верхняя граница диапазона соответствует нормальному закону распределения. Отсюда следует, что максимальное значение интеллектуальной составляющей информации  $I_{I(\max)}$  будет равно

$$I_{I(\max)} = \ln k_{ke(\max)} = \ln \frac{K_{e(\max)}}{K_{e(\min)}} = \ln 2,07 \approx 0,7 \text{ [Нит]}. \quad (5)$$

Следовательно, изменение величины  $I_I$  ограничено условием

$$0 \leq |I_I| \leq \ln 2,07. \quad (6)$$

Верхний диапазон изменения величины  $\sigma$  не имеет ограничений. Поэтому диапазон изменения величины  $I_p$  описывается условием

$$0 \leq |I_p| < \infty. \quad (7)$$

В случае превалирования одной из составляющей информации, исходную модель (4) можно упростить до этой составляющей. Для количественного описания соотношения этих компонент в работе [12] была введена специальная величина — коэффициент соотношения информации  $\eta = \frac{|I_p|}{|I_I|}$ . Там же доказана базовая теорема и приведены условия, устанавливающие области применения указанных вариантов моделей ( $I$ ,  $I_I$  или  $I_p$ ) для заданных значений этого коэффициента. Из выражений (6) и (7) следует вывод о том, что мощность множества информационных «энергетических моделей» превышает мощность множества информационных «интеллектуальных моделей». Другими словами, в общей «распространенности», энергетическая составляющая информации превалирует над интеллектуальной составляющей.

Варианты информационных моделей также могут быть трансформированы и адаптированы к конкретной специфике их использования и ситуациям с исходными данными.

Нахождение энергетической составляющей информации можно осуществить через определение величин СКО. Это возможно при наличии характеристики  $x(x)$ , описывающей эволюцию параметра  $x$  между рассматриваемыми этапами от какого-либо фактора  $x$ , и закона его распределения на начальном этапе —  $p(x)$ .

$$I_p = \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \ln \frac{\int_{-\infty}^{\infty} (x - m_1)^2 p(x) dx}{\int_{-\infty}^{\infty} x^2 (\xi) p(x) dx - m_2^2} =$$

$$= \ln \frac{\int_{-\infty}^{\infty} (x - \int_{-\infty}^{\infty} x p(x) dx)^2 p(x) dx}{\int_{-\infty}^{\infty} x^2 (\xi) p(x) dx - (\int_{-\infty}^{\infty} x (\xi) p(x) dx)^2}. \quad (8)$$

В выражении (8) величинами  $m_1$  и  $m_2$  обозначены математические ожидания параметра в начале и конце эволюции, соответственно. Из выражения (8) видно, что величина, находящаяся под знаком логарифма, зависит только от характеристики  $x(\xi)$  и закона распределения параметра на начальном этапе  $p(x)$ . По форме записи она фактически является величиной, обратной величине ко-

эффициента статистической линеаризации для СКО. Однако, по сути, имеются существенные отличия. Коэффициент статистической линеаризации определяется на основе статической характеристики нелинейного звена. В данном же случае, характеристика  $x(\xi)$  описывает эволюцию параметра системы в зависимости от значения какого-либо фактора, например, времени или пространственных координат. Используя аналогии, представляется целесообразным определить выражения величин  $I_p$  для базовых стадий технологических процессов, реализуемых на типовом оборудовании, а также для реальных вариантов законов распределений параметров и их табулировать. Таковыми, например, могут являться стадии прогрева, первичной и последующих видов тепловой обработки в автоклавах, ректификационных колоннах, печах для обжига изделий в металлургии, промышленности строительных материалов. В этих процессах, изменения температурных режимов должны осуществляться по заданным временным «траекториям». Примерами этому являются тепловая обработка консервов в автоклаве, в соответствии с задаваемой формулой стерилизации, термообработка колбас и др. [1–3, 13]. В дальнейшем, использование готовых выражений для величины  $I_p$  позволит значительно упростить расчеты при проведении мониторинга и управления процессами, реализуемыми на таком оборудовании.

Выбор варианта модели может быть осуществлен не только аналитическим путем на основе коэффициента соотношения информации. В основу выбора могут быть положены иные соображения, базирующиеся, например, на анализе явлений, определяющих функционирование системы, на опытно-интуитивном восприятии ситуаций, на аналогиях с подобными системами и др.

Информационные портреты и портреты систем в пространстве характеристик ЭП являются «информативными» и позволяют наглядно проиллюстрировать изменение состояний этих систем, что создает предпосылки для организации робастного управления [2, 6].

Использование предложенных портретов позволит минимизировать затраты на получение и обработку данных, необходимых для оценки процессов эволюций систем и принятия решений по управлению. Это объясняется тем, что объем данных, необходимых для получения представительных оценок величин СКО, примерно на порядок меньше объема данных, необходимых для получения функций  $p(x)$  и соответствующих величин энтропий  $H_x$ . Значения величин энтропийных коэффициентов также могут быть определены на основании ограниченного объема данных, с помощью специально разработанных методов и подходов [5, 14].

В качестве примера, на рис. 1 приведен обобщенный характерный вид траектории, описывающей изменение состояний неопределенности температурного режима холодильной камеры в пространстве координат (характеристик) энтропийных потенциалов в реальном производственном цикле. Здесь необходимы следующие пояснения. Для поддержания температурного режима в охлаждаемом объеме используется двухпозиционный закон регулирования. Объем охлаждаемого пространства относительно невелик ( $\sim 25 \text{ м}^3$ ). Поэтому основными возмущениями температурного режима являются притоки



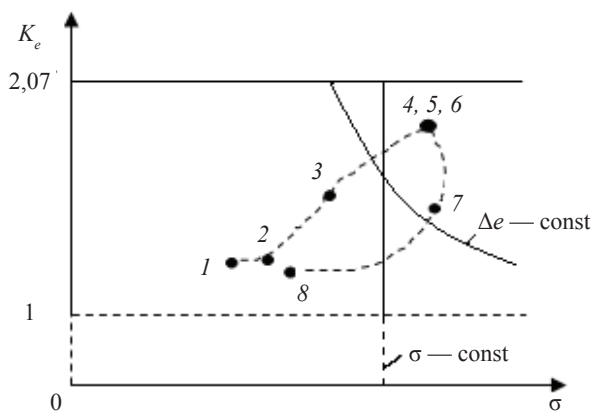


Рис. 1. Траектория состояний неопределенности температурного режима в пространстве координат энтропийных потенциалов

более теплого наружного воздуха, возникающие при открывании люков в процессах загрузки и выгрузки, а также притоки тепла, вносимые массами поступающей продукции. Наличие этих возмущений, интенсивность действия которых обусловлена производственной активностью, создает состояния неопределенности при поддержании температурного режима.

Исследования производились в течение полного производственного цикла, равного 16 ч. Весь цикл был разбит на 8 этапов длительностью по 2 ч каждый. Последовательности этапов соответствуют точки с возрастающей нумерацией, соединенные пунктирной кривой. Каждой  $n$ -ой точке соответствуют свои значения величин  $\sigma_n$  и  $K_{en}$  ( $n = 1, 2, \dots, 8$ ) на плоскости ЭП. В начале первого этапа, предшествующего активной производственной деятельности, загрузок и выгрузок не производилось, поддержание температурного режима осуществлялось в установившемся режиме автоколебаний. Характеристики режима определяются, в основном, параметрами первой гармоники. Поэтому плотность распределения значений температур, с некоторым приближением, поддается описанию т. н. арксинусоидальным законом распределения с  $K_e \approx 1,11$ . Значение величины  $s$  зависит от диапазона регулирования, который устанавливается изначально в процессе настройки регулятора. Перед началом второго этапа, с целью уменьшения частоты автоколебаний, была осуществлена коррекция настройки регулятора путем увеличения диапазона регулирования. В результате изображающая точка из положения 1 переместилась в положение 2, которое соответствует большему значению величины  $\sigma$ , практически по горизонтальной траектории. В дальнейшем, с нарастанием производственной деятельности, влияние вышеуказанных возмущений привело к изменениям характера процесса регулирования в сторону «ухудшения предсказуемости» появления тех или иных значений температуры, а также к увеличению их разброса. Вследствие чего возросли значения  $K_e$  и  $\sigma$ , изображающая точка переместилась в положение 3. На последующих этапах 4, 5, 6 имел место «апогей» производственной активности, когда загрузки и выгрузки продукции производились с максимальной интенсивностью. Значения величин, характеризующих состояния неопре-

деленности температуры ( $K_e$  и  $\sigma$ ) на этих этапах, были самыми большими, но изменялись не значительно. Это обстоятельство позволило объединить их в один кластер, обозначенный точкой более крупных размеров. Последующее «затухание» производственной деятельности к концу следующего этапа обусловило понижение уровня состояния неопределенности, характеризующегося координатами точки 7. Завершение производственного цикла соответствовало приближению к исходному состоянию, которое характеризуется координатами точки 8.

Неизменность состояния неопределенности температурного режима в камере характеризуется перемещением изображающей точки по кривой  $\Delta_e = K_e \sigma = \text{const}$ , которая, как отмечалось выше, называется линией постоянного ЭП или изотропой. Эта линия показана на рис. 1. Требование к качеству поддержания температурного режима могут быть сформулированы в виде условия  $\Delta_e < \Delta_{e(\max)}$ , где  $\Delta_{e(\max)}$  — предельно допустимое значение величины ЭП поддержания температуры. Указанному условию соответствует область пространства параметров ЭП, находящаяся под изотропой  $\Delta_{e(\max)} = \text{const}$ . Из такого представления становится очевидным, что управление качеством процесса регулирования температуры может быть осуществлено как путем целенаправленного изменения величины СКО разброса температуры, относительно заданного уставного значения, так и путем изменения закона распределения значений разброса. Возможные варианты решений такой задачи рассмотрены в работах [5, 9]. Применительно к данному примеру, требуемая «деформация» траектории состояния неопределенности, например, с целью «увода» ее под «критическую» изотропу ( $\Delta_{e(\max)} = \text{const}$ ), может быть осуществлена за счет ослабления или частичной компенсации указанных возмущений на уровне модернизации объекта управления. Это, например, может быть достигнуто путем установки дополнительного шлюзового отсека перед загрузочным люком. Другой путь решения этой задачи может быть основан на уменьшении диапазона регулирования в процессе настройки регулятора. В случае использования функциональных законов регулирования количество настроечных параметров может увеличиться. Так, например, при использовании промышленного пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора, имеющего передаточную функцию  $W(p) = k(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p)$ , настроечных параметров будет три:  $k$  — коэффициент передачи,  $T_i$  — постоянная интегрирования и  $T_d$  — время предварения. При изменении настроечных параметров будет изменяться передаточная функция регулятора, а, следовательно, вид и качество процесса регулирования температуры. Следствием этого будет изменение значений координат изображающих точек, что приведет к «деформации» всей траектории.

Значения величин  $\Delta_{e(\max)}$  определяется требованиями к качеству хранения конкретных видов продукции и, для конкретных ситуаций, могут быть определены на основании аналитических исследований, на основании экспертных оценок и другими путями. В случае пренебрежения изменением свойств закона распределения значений разброса температур ( $K_e = \text{const}$ ), изотропа  $\Delta_e = \text{const}$

выродится в прямую:  $\sigma = \text{const}$ . В этом частном случае требование к качеству поддержания температуры сведется к ограничению величины ее дисперсии.

На рис. 2 показана траектория, описывающая этот же эволюционный процесс в информационном пространстве (информационный «след» системы). Определение количества информации, порожденной изменением состояния неопределенности при переходе к каждому из последующих этапов, производилось в соответствии с выражением (4). При этом предполагалось, что первый этап соответствует началу производственного процесса, которому предшествовало приблизительно такое же установившееся состояние неопределенности температурного поля, то есть  $\Delta_{e1} \approx \Delta_{e0}$ . Отсюда следует, что  $I_{0-1} \approx 0$ . Так как характеристики состояний неопределенности температурного режима на этапах 4, 5 и 6 изменялись не значительно ( $\Delta_{e4} \approx \Delta_{e5} \approx \Delta_{e6}$ ), то из выражения (4) следует, что  $I_{4-5} \approx I_{5-6} \approx 0$ . В примере, приведенном на рис. 2,  $K_{e1} \approx K_{e2}$  и, следовательно,  $I_1 = \ln \frac{K_{e1}}{K_{e2}} \approx 0$ . Поэтому согласно (4)

$I_{1-2} \approx I_p = \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$ . То есть величину информации, порожденной изменением состояния неопределенности температуры на этом этапе, можно определять по величине энергетической составляющей. Также имеет место

$\sigma_6 \approx \sigma_7$ . Следовательно,  $I_p = \ln \frac{\sigma_6}{\sigma_7} \approx 0$ , и, согласно (4),

$I_{6-7} \approx I_1 = \ln \frac{K_{e6}}{K_{e7}}$ . То есть величина информации, в данном случае, может быть определена по величине интеллектуальной составляющей.

Приведенный «информационный след» системы характеризует динамику изменения состояний неопределенности и является своеобразной альтернативой портрета, приведенного на рис. 1. Действительно, с нарастанием уровня состояния неопределенности величина  $I$  принимает отрицательные значения и, наоборот. Интенсивность ее изменения связана с интенсивностью изменений этих состояний. Вышерассмотренный пример по организации управления состояниями неопределенности с использованием портрета в пространстве харак-

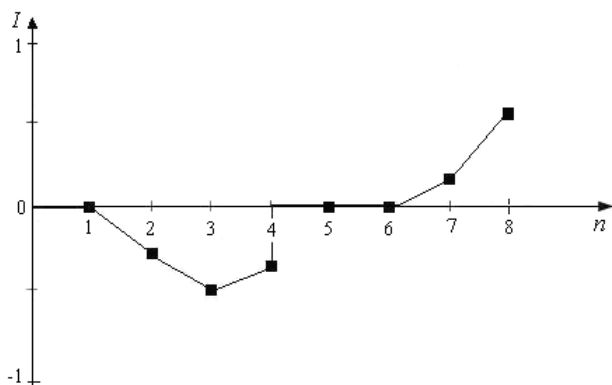


Рис. 2. Траектория изменений состояний неопределенности температурного режима в информационном пространстве (информационный след системы)

теристик ЭПов также может быть проиллюстрирован с использованием «информационного следа».

Выбор того или иного представления состояний системы в задачах мониторинга и управления зависит от специфики задачи и является прерогативой пользователя. Также возможно их совместное использование для повышения наглядности представления результатов.

Используя аналогичный подход можно моделировать и исследовать состояния неопределенности температурных режимов в пространстве (объеме) камеры. В этом случае, исходной информацией, необходимой для получения вышеуказанных оценок состояний неопределенности, будут являться значения температур в различных точках охлаждаемого объема. Также возможно проведение комплексного исследования с учетом пространственно-временных факторов. В этом случае состояние неопределенности объекта будет характеризоваться вектором. Для его описания целесообразно использовать величину многомерного комплексного ЭП [5–7].

Получаемые характеристики состояний неопределенности, и это также видно из приведенных примеров, являются компактными, «информативными» и обладают наглядностью восприятия. Информационные и энтропийные портреты позволяют наглядно представлять и исследовать эволюцию этих состояний. С их использованием представляется возможным осуществлять «превентивный» мониторинг, выявляя намечающиеся тенденции изменений состояний систем. Их можно рассматривать, как элементы когнитивной графики, с помощью которых осуществляется «сжатие» исходной информации о состояниях систем. Использование таких моделей позволяет упростить технологии проведения исследований и повысить эффективность организации управления системами различной природы.

Организация управления на основе предложенных моделей предусматривает внесение управляющих воздействий, направленных на целенаправленное изменение факторов и параметров, определяющих величины  $I$ ,  $I_p$  и  $I_r$ . Очевидно, что таковыми, в данном случае, будут являться параметры  $K_e$  и  $s$ . Теоретическое обоснование и способы решения таких задач на практике рассмотрены в работах [5, 6, 9].

Состоятельность изложенного подхода подтверждается результатами частных исследований для различных прикладных задач [15–19]. Эти результаты были использованы для прогнозирования эволюционных процессов, а также для выработки решений по модернизации систем и организации управления.

## Литература

1. Краснов А. Е., Красуля О. В., Большаков О. В., Шленская Т. В. Информационные технологии пищевых производств в условиях неопределенности. — М.: ВНИИМ, 2001. 496 с.
2. Лазарев В. Л. Робастное управление в биотехнологической промышленности. Учебное пособие. — СПб.: Университет ИТМО, 2015. 196 с.
3. Благовещенская М. М., Злобин Л. А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. Учебник для вузов. — М.: Высш. школа, 2005. 768 с.

4. Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. — М.: Наука, 2006. 410с.
5. Лазарев В. Л. Теория энтропийных потенциалов: Монография. — СПб.: Изд. Политехнического ун-та. 2012. 127 с.
6. Прокопчина С. В., Шестопалов М. Ю., Уткин Л. В. и др. Управление в условиях неопределенности. Монография. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 304 с.
7. Lazarev V. L. The Theory of Entropy Potentials, Basic Concepts, Results and Applications. //Pattern Recognition and Image Analysis. (Advances in Mathematical Theory and Application.) 2011. V. 21. No 4. p. 637–648.
8. Лазарев В. Л. Исследование систем на основе энтропийных и информационных характеристик. //Журнал технической физики. 2010, № 2, с. 1–7.
9. Lazarev V. L. An entropy approach to monitoring and control. Journal of Computer and Systems Sciences International, 2005, Vol. 44, № 6, pp. 893–899.
10. Лазарев В. Л. Информационные модели эволюций систем. / Сб. докл. XIII МНПК «Теория и практика современной науки». 2014. Т. 1. с. 200–204.
11. Лазарев В. Л. Практические аспекты исследования систем в информационном пространстве. / Сб. докладов XVII Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM'2014. С-Пб., 2014. Т. 1, с. 42–45.
12. Lazarev V. L. Representative information models for monitoring and control in the conditions of uncertainty // XVIII Intern. Confer. «SCM». 2015. IEEE. p. 54–57. DOI: 10.1109/SCM.2015.7190408.
13. Дуткевич Д., Фатыхов Ю. А., Довгялло А. О. взаимосвязи физических свойств пищевого сырья и способов реализации процессов на основе системного подхода. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014; (4):26–31. DOI:10.20914/2310-1202-2014-4-26-31
14. Туричин А. М., Новицкий П. В., Левшина Е. С. и др. Электрические измерения неэлектрических величин. — Л.: Энергия, 1975. 576 с.
15. Лазарев В. Л., Митин Е. Е. Мониторинг процессов термообработки жидких продуктов на основе методов теории энтропийных потенциалов // Вестник Международной академии холода. 2013. № 2. С. 43–45.
16. Кулаков В. Г., Лазарев В. Л., Федюлин В. А. Энтропийные модели в исследовании социальных систем. // Вопросы статистики. 2010. № 10. С. 47–50.
17. Лазарев В. Л. Квалиметрия систем на основе энтропийных потенциалов параметров. Прикладные аспекты для пищевой промышленности и нанотехнологий // Вестник Международной академии холода. 2009. № 4, с.48–52.
18. Лазарев В. Л., Иванов В. Л., Фролков Н. А. Когнитивные информационные технологии мониторинга объектов пищевой промышленности на основе энтропийных потенциалов параметров // Вестник Международной академии холода. 2015. № 2, с. 66–70.
19. Лазарев В. Л., Грахольская Т. А., Травина Е. А., Фролков Н. А. Использование когнитивных образов состояний систем в пространстве параметров энтропийных потенциалов для организации мониторинга и управления // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 4. С. 54–61.



**АгроЭкспоКрым**

## V юбилейная специализированная выставка аграрных технологий **АгроЭкспоКрым 2017**

**16.02.2017 – 18.02.2017**

**Место проведения:** ГК «Ялта-Интурист»

**Организатор:** ГК «ЭКСПОКРЫМ»

**Контакты:**

+7 (978) 900 90 90

info@expocrimea.com

### **Тематические разделы выставки:**

- Минисельхозтехника, технологии, оборудование
- Системы полива, орошение
- Сельхозинвентарь, садовые инструменты, электроприборы
- Растениеводство: семена, посадочный материал, почва, саженцы
- Средства защиты растений, удобрения, исследования
- Животноводство
- Комбикорма, дезинфекция, ветеринария
- Пчеловодство, продукция пчеловодства
- Виноградарство и виноделие
- Тара и упаковка
- Ландшафтный дизайн
- Сопутствующая продукция и услуги
- Готовая сельхозпродукция, продукты питания