

УДК 637.52 (075)

## Когнитивные информационные технологии мониторинга объектов пищевой промышленности на основе энтропийных потенциалов параметров

Канд. техн. наук В. Л. ЛАЗАРЕВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук В. Л. ИВАНОВ<sup>2</sup>,  
Н. А. ФРОЛКОВ

<sup>1</sup>holod25@yandex.ru, <sup>2</sup>vniig-audit@mail.ru  
Университет ИТМО  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*В работе изложен подход к организации мониторинга различных объектов, основанный на использовании когнитивных информационных технологий. В основу технологий формирования когнитивных образов положены методы теории энтропийных потенциалов. Их использование позволяет получать компактные и наглядные формы отображений процессов эволюции анализируемых параметров в виде кластерных информационных моделей. С использованием получаемых отображений представляется возможным организовать превентивный мониторинг, управление процессами и наладку соответствующего оборудования, предупреждая тем самым возникновение различных «негативных» ситуаций. Состоятельность и целесообразность использования предложенного подхода на практике проиллюстрирована на примере мониторинга процесса тепло- и массообмена в секции туннельной печи для горячего копчения рыбы. Показаны возможности и перспективы использования когнитивных информационных моделей для мониторинга технологического процесса и обоснованного выбора моментов проведения регламентных и профилактических работ на технологическом оборудовании в различных производственных ситуациях. Подобные задачи являются актуальными для многих процессов и производств пищевой, химической и других отраслей промышленности. Рассмотрены подходы и методы практической реализации предлагаемых решений, связанные с организацией соответствующих вычислений и синтеза информационных моделей.*

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

## Cognitive information technology of food industry objects monitoring on the basis of entropy potentials theory

Ph. D. V. L. LAZAREV<sup>1</sup>, Ph. D. V. L. IVANOV<sup>2</sup>, N. A. FROLKOV

<sup>1</sup>holod25@yandex.ru, <sup>2</sup>vniig-audit@mail.ru  
ITMO University  
191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

*The article deals with monitoring objects of different nature on the basis of cognitive information technologies. The method is based on theory of entropy potentials. It allows getting compact and clear display of the analyzed parameters evolution in the form of cluster information models. The display helps to arrange preventive monitoring, process control and equipment adjustment to prevent different «negative» situations. The validity and usefulness of the method is exemplified by monitoring heat and mass exchange processes in tunnel furnace for fish hot smoking. The potential of cognitive information technology for technological process monitoring is shown. It can also be used for timing of equipment maintenance check. The task of this kind is of great importance for processes in food, chemical and other industries. Practical implementation of the method involving calculations making and information models synthesis is considered.*

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

Когнитивные информационные технологии позволяют осуществлять мониторинг различных объектов и явлений на основе использования разнообразных форм отображений [1, 2]. Эффективность, наглядность и содержательность получаемых отображений определяется выбранными методами трансформации исходных результатов наблюдений. Перечень используемых методов не является ограниченным, он расширяется за счет совершенствования существующих методов и их пополнения

новыми разработками, основанными на использовании различных подходов и теорий. Таковыми, в частности, являются методы теории энтропийных потенциалов (ТЭП), которые получают все большее распространение и имеют перспективы дальнейшего развития. Арсенал возможностей ТЭП позволяет получать различные варианты таких форм, обладающих разнообразной гносеологической направленностью [3–5]. Далее рассматривается вариант использования понятия энтропийного потенциала

параметра (ЭП) для формирования когнитивного образа в виде «информационного следа» системы, являющегося информативной характеристикой ее эволюции. Эволюция систем может происходить в результате внесения управляющих воздействий, а также в результате проявлений различных возмущений. Поэтому исследование «информационного следа» позволяет получить объективные оценки качества управления или направленности эволюционных процессов, что является актуальной задачей.

Понятие ЭП было введено в рамках соответствующей теории, которая базируется на использовании набора «вложенных» понятий энтропийных потенциалов: энтропийный потенциал (ЭП), комплексный ЭП, многомерный комплексный ЭП [3, 4]. Эти понятия являются взаимосвязанными и основаны на принципах «вложения»: понятия более высокого уровня выражаются через величины энтропийных потенциалов предыдущих уровней. И наоборот, упрощение описания «вариативных свойств» параметров системы осуществляется путем исключения из рассмотрения их дополнительных характеристик разброса, неопределенности. Для изложения сути подхода достаточно использовать величину ЭП, что позволяет получать наглядную геометрическую интерпретацию на плоскости, в двухмерном пространстве. При этом необходимо понимать возможность его пролонгации для задач большей размерности.

Итак, величина ЭП анализируемого параметра  $x - \Delta_e$  определяется, как половина диапазона равномерного распределения  $x \in [-\Delta_e, \Delta_e]$  с  $p(x) = \frac{1}{2\Delta_e}$ , имеющего такую же информационную энтропию  $H = - \int_{-\infty}^{\infty} p(x) \ln p(x) dx$ , что и закон распределения анализируемого параметра. Исходя из такого определения, величину ЭП можно представить в следующих видах [3, 4, 6]

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

где  $K_e$  — энтропийный коэффициент, характеризующий «вариативные» свойства закона распределения параметра, предсказуемость появления тех или иных его значений;  $\sigma$  — величина среднеквадратичного отклонения параметра (СКО).

Используя выражение величины ЭП в виде (1), представляется возможным получить информационное описание эволюционных процессов системы по рассматриваемому параметру. При этом будем руководствоваться следующими соображениями. Процесс изменения анализируемого параметра может быть разделен на ряд этапов-объектов анализа, определяемых изменением пространственных или временных факторов. Так, например, вариации температуры энергоносителя (горячего воздуха) при термической обработке различных видов продукции (хлебобулочных изделий, рыбы, вареных колбас и др.) могут иметь место, как в объеме термокамеры, так и во времени, в процессе обработки, на одной и той же технологической стадии обработки. В первом случае в качестве анализируемых объектов будут рассматриваться температурные поля в различных сечениях объема камеры, во втором — температурные кластеры в какой-либо точке объема на отдельных интервалах

времени. Возможности ТЭП также позволяют осуществлять анализ систем с учетом комплекса пространственно-временных факторов любой размерности. В этих случаях, в качестве рабочего инструмента, необходимо использовать величину многомерного комплексного ЭП. Количество информации  $I$  по параметру  $x$ , порождаемой изменением состояния неопределенности системы между двумя соседними этапами, определяется на основании энтропийного подхода из выражения [3, 4]

$$I_L = H_1 - H_2, \quad (2)$$

где  $H_1$  и  $H_2$  величины энтропий параметра  $x$  на первом и втором этапах эволюции системы, соответственно. Теперь представляется возможным выразить количество информации, порождаемой эволюцией системы между соседними этапами, через величины мультипликативных составляющих соответствующих энтропийных потенциалов  $K_e$  и  $\sigma$  следующим образом [2, 4, 5].

Пусть  $\Delta_{e1}$  и  $\Delta_{e2}$  энтропийные потенциалы, характеризующие состояния системы на первом и втором этапах, соответственно. Тогда изменение состояния системы при переходе от одного этапа к другому будет характеризоваться отношением величин энтропийных потенциалов, которое, с учетом выражений (1) и (2), можно представить в виде

$$\frac{\Delta_{e1}}{\Delta_{e2}} = \frac{\frac{1}{2} e^{H_1}}{\frac{1}{2} e^{H_2}} = e^{H_1 - H_2} = e^{I_L}. \quad (3)$$

Откуда следует

$$I_L = \ln \frac{\Delta_{e1}}{\Delta_{e2}} = \ln \frac{K_{e1} \sigma_1}{K_{e2} \sigma_2} = \ln \frac{K_{e1}}{K_{e2}} + \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \ln k_{ke} + \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = I_I + I_P, \quad (4)$$

где  $k_{ke} = \frac{K_{e1}}{K_{e2}}$  — коэффициент преобразования закона распределения параметра, введенный в рамках теории энтропийных потенциалов. Рекомендации по его определению имеются в работах [4, 7]. Величина  $k_{ke}$  характеризует трансформацию «вариативных» свойств закона распределения параметра в процессе эволюции системы, что зачастую является одним из аргументов в задачах «интеллектуального» мониторинга. Поэтому первая составляющая всего «информационного» следа системы  $I_L$  обозначена величиной  $I_I$  — интеллектуальная составляющая информации. Величины  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ , входящие в выражение (4), функционально связаны с величинами дисперсий  $D$ :  $D = \sigma^2$ . В свою очередь, величина дисперсии характеризует усредненную мощность всего спектра гармоник динамической составляющей рассматриваемого параметра  $D = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) d\omega$ , где  $S(\omega)$  — функция спектральной плотности центрированной составляющей. Эта функция описывает распределение среднего значения мощности параметра по гармоникам. Поэтому вторая составляющая величины  $I_L$  обозначена величиной  $I_P$ .  $I_P$  — энергетическая составляющая информации. Единица измерения информации определяется основанием логарифмов, используемых в выражении (4). В данном случае,

при использовании натуральных логарифмов, в так называемых натуральных единицах. Следует также отметить, что определяемая из выражения (4) величина  $I_L$  может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Отрицательные значения ( $I_L < 0$ ) соответствуют ситуациям, когда уровень состояния неопределенности параметра в процессе эволюции системы возрос ( $H_1 < H_2$ ), а, следовательно, согласно (3) и (4)  $\Delta_{e1} < \Delta_{e2}$  и, наоборот. Такое определение информации является обобщающим по отношению к «классическому» —  $I$ , основанному на использовании понятий априорной и апостериорной энтропий, то есть когда всегда выполняется условие  $H_1 \geq H_2$ . И, соответственно, всегда  $I \geq 0$ . Более подробно этот вопрос рассмотрен в работах [3, 4]. Необходимо отметить, что полученный результат (4) является частным случаем теоремы 3, доказанной в работе [4]. Определение величин  $I_L$ ,  $I_1$  и  $I_p$  для различных ситуаций, а также возможные алгоритмы и схемы организации таких вычислений рассмотрены в работах [8, 9].

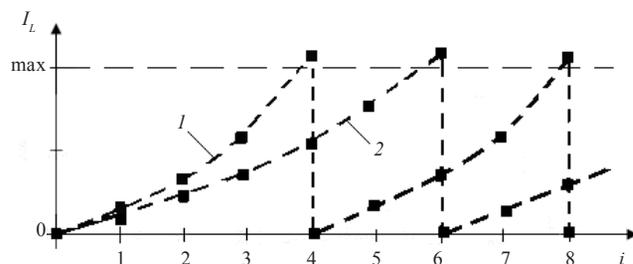
Теперь эволюцию любой системы можно исследовать, например, по ее «информационному следу» в системе координат, где  $i$  — номер отдельного этапа.

$I_{L(i;i)} = \ln \frac{\Delta_{e1}}{\Delta_{e2}}$  — количество информации, «порожденной»

при достижении каждого  $i$ -го этапа ( $i \in I$ ), относительно начального. Также можно осуществлять «пошаговое» исследование систем, на основании количества информации  $I_{L(i;i+1)}$ , порождаемой при переходе через каждый отдельный этап [2, 4, 5]. При этом, получаемые изображения являются наглядными, компактными и удобными для принятия решений по модернизации систем или внесения управляющих воздействий. Такой подход показал свою состоятельность и имеет перспективы использования для различных объектов и систем [10–13]. Особую значимость предлагаемые решения имеют в пищевой промышленности, где требуется осуществлять комплексный мониторинг объектов с учетом большого количества возмущений, поступающих по различным каналам.

Проиллюстрируем применение изложенного подхода на примере организации работы туннельной печи для горячего копчения рыбы. В результате протекания процессов тепло- и массообмена производство продукции осуществляется между энергоносителем (дымо-воздушной смесью) и рыбным сырьем, которое загружается в вагонетки на специальных рамах с шампурами. При движении вагонеток по туннелю реализуются отдельные технологические стадии обработки сырья: подсушка, варка, копчение. Для обеспечения последовательного прохождения дымо-воздушной смеси через вагонетки на каждой стадии обработки, их нижние части закрываются специальными сетчатыми поддонами. В процессе эксплуатации происходит загрязнение поддонов смолистыми веществами, содержащимися в дыме, и рыбной крошкой, образующейся в результате воздействия потока энергоносителя на тушки рыб. В результате возрастает сопротивление движению потока, что приводит к возрастанию «паразитных» протечек между стенками туннеля и вагонетками. Следствием такого перераспределения потоков является нарушение теплового баланса стадий технологического процесса, что, в конечном счете, негативно отражается

на качестве продукции. Для устранения этого явления в производственном процессе необходима периодическая очистка и мойка поддонов. Такая операция является весьма трудоемкой, требует значительных затрат времени и средств, что непосредственно сказывается на себестоимости выпускаемой продукции. Директивно задать период времени для проведения такой операции не представляется возможным, т. к. процесс «загрязнения» происходит с различной интенсивностью и зависит от множества факторов. Таковыми, например, являются тип и химический состав опилок, используемых в дымогенераторе, тип и характеристики рыбного сырья (свежее, дефростированное), место, сезон вылова и др. В этой ситуации необходимо осуществить выбор обобщенного показателя, на основании значений которого можно принимать решения о проведении очистки поддонов и другого оборудования. Мониторинг эволюции процесса горячего копчения и принятие решений по его «коррекции» можно осуществлять по «информационному следу» температурных режимов в сечениях туннеля. В производственных условиях получение необходимой измерительной информации о значениях температур в различных точках сечений и объеме туннеля может быть осуществлено с использованием разработанных подходов и современных технических средств [14]. На рисунке показан характерный вид зависимости величины  $I_L$  температурного поля печи в зоне интенсивной тепловой обработки-варки от количества этапов эксплуатации оборудования  $i$ . Это представление является вариантом когнитивного отображения особенностей протекания теплофизического процесса. Линии 1 и 2 соответствуют различным интенсивностям нарастания загрязнений, определяемым вышеупомянутыми факторами. В данном примере один производственный этап соответствует двум часам эксплуатации поддонов вагонеток. Возрастание величины  $I_L$  при увеличении срока эксплуатации (количества этапов) объясняется тем, что при нарастании загрязнений на поддонах увеличивается воздушное сопротивление вагонеток, и, следовательно, уменьшается скорость движения потока энергоносителя, степень его турбулентности, появляется больше «застойных зон». Следствием этого является уменьшение неоднородности температурного поля, т. е. величины  $\Delta_e$  в каждом сечении или элементе объема вагонетки, что, согласно (4), и обеспечивает монотонное возрастание величины  $I_L$ .



Характерный вид траекторий изменения «информационного следа» температурного поля туннельной печи в зависимости от длительности и особенностей эксплуатации

Это положение можно записать в следующем виде

$$\forall i \in I; \Delta_{e(i)} \geq \Delta_{e(i+1)} \Rightarrow I_{L(i)} \leq I_{L(i+1)}. \quad (5)$$

Элемент равенства в выражении (5) предусматривает ситуацию, когда нарастание загрязнений на каком-либо этапе является незначительным. Это, например, может иметь место при выборе малого значения величины длительности отдельного этапа. Нарастание загрязнений поддонов до некоторого критического уровня, которому соответствует критическое значение величины «информационного следа»  $I_{L(max)}$ , приводит к появлению большого количества брака. Зачастую это становится очевидным, даже без привлечения технических средств контроля качества. Как правило, продукция содержит и выделяет избыточную влагу, страдает ее консистенция, она теряет свою внешнюю привлекательность и др. Проведение операции мойки поддонов, по окончании этапов 4, 6 и 8, устраняет эти проблемы, соответственно значения величин  $\Delta_e$  возвращаются к исходному значению, и, согласно (4), значение величины  $I_L$  возвращается к нулю. Соответствующие «ниспадающие» фрагменты траекторий «информационного следа» температурного поля имеют место на рис. 1 по окончании этапов 4, 6, 8.

Организация мойки поддонов по «выходу» продукции периодически приводит к появлению значительного количества брака, т. к. процесс горячего копчения является длительным (порядка двух часов) и соответствующая информация поступает со значительным запаздыванием, в течение которого и происходит «наработка» брака. Кроме того, необходимо учитывать материальные и временные затраты на организацию и проведение контроля качества продукции. Так, например, проведение измерений показателей состава и свойств рыбной продукции (консистенции, содержания влаги, жира, и др.) требует значительных затрат времени (порядка нескольких десятков минут). Эти временные затраты также увеличивают общее запаздывание в принятии решений по мойке оборудования, что дополнительно усугубляет проблему появления брака. Использование методов косвенной оценки по величине  $I_L$  позволяет осуществлять превентивную диагностику состояния оборудования и оперативное принятие решений по проведению его профилактики, ремонта и пр. При этом все виды затрат на проведение необходимых измерений (в данном случае значений температур в различных точках объема туннеля), как отмечалось выше, будут сравнительно небольшими. Достоинство использования величины  $I_L$  перед другими возможными альтернативами описания «вариативных» свойств анализируемого параметра, например, в виде величин дисперсии, размаха и др. состоит в том, что она позволяет более объективно описать эти свойства единым комплексом, учитывающим дестабилизирующее проявление закона распределения параметра и характеристик его рассеяния [2–4].

Возможности применения изложенного подхода к организации мониторинга не ограничиваются рассмотренным примером. Существует множество похожих проблем, для решения которых могут успешно использоваться аналогичные пути и методы [2–4, 7, 15]. Подобные проблемы, например, зачастую возникают при производстве различных продуктов холодного копчения, термообработ-

ке колбасных изделий, выпечке хлебобулочных изделий, холодильной обработке и хранении и др.

Построение траекторий «информационного следа», в ряде случаев, целесообразнее осуществлять методом аддитивной кусочной аппроксимации между последовательными этапами, на основании использования понятия функции преобразования энтропийного потенциала  $\Phi(\Delta_{e(i;i+1)}) = \frac{\Delta_{e(i+1)}}{\Delta_{e(i)}} [4, 15]$ . Тогда изменение величины  $I_L$  на каждом этапе, согласно (4), будет описываться выражением

$$I_{L(i;i+1)} = \ln \frac{\Delta_{e(i)}}{\Delta_{e(i+1)}} = -\ln \Phi(\Delta_{e(i;i+1)}), (i \in I). \quad (6)$$

Теперь всю траекторию «информационного следа» представляется возможным «сшить» из набора отдельных кусков. Такой прием в графоаналитических построениях носит название метода припасовывания или метода сшивания.

### Список литературы

1. Лекторский В. А. Когнитивный подход. — М.: Канон+ РООИ «Реабилитация», 2008. 427 с.
2. Прокончина С. В., Шестопалов М. Ю. и др. Управление в условиях неопределенности. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 303 с.
3. Lazarev V. L. The Theory of Entropy Potentials, Basic Concepts, Results and Applications. // Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications). 2011. Vol. 21 (4). pp. 637–648.
4. Лазарев В. Л. Теория энтропийных потенциалов. — СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2012. 127 с.
5. Лазарев В. Л. Исследование систем на основе энтропийных и информационных характеристик. // Журнал технической физики, 2010. № 2. с. 1–7.
6. Турчин А. М., Новицкий П. В., Левшина Е. С. и др. Электрические измерения неэлектрических величин. — Л.: Энергия, 1975. 576 с.
7. Lazarev V. L. An entropy approach to monitoring and control. // Journal of Computer and Systems Sciences International, 2005, Vol. 44, No 6, pp. 893–899.
8. Graham, F. S., Mcdougall, T. J. Quantifying the nonconservative production of conservative temperature, potential temperature, and entropy. // Journal of Physical Oceanography. 2013. Vol. 43 (5), pp. 838–862.
9. Sinha, D. Entropy changes in a thermodynamic process under potential gradients // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2014. Vol. 416, pp. 676–683.
10. 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.
11. 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.
12. Шевцов А. А., Фролова Л. Н., Василенко В. Н., Драган И. В. Автоматическая оптимизация процесса прессования семян масличных культур по технико-экономическому показателю. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 3 (61). С. 18–22.

13. Носков А. Н., Зимков А. А. Регулирование производительности холодильного винтового компрессора с помощью внутренних устройств // Вестник международной академии холода. 2012. № 2. С. 52–54.
14. Стегаличев Ю. Г., Головкин А. Н., Лазарев В. Л. Оценка распределения температурных полей в копильных установках туннельного типа. // Рыбное хозяйство. 1978. № 3. С. 69–71.
15. Лазарев В. Л. Динамический синтез энтропийных систем управления в условиях неопределенности. / Сб. докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM'2005. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2005. Т. 1, с. 114–117.
8. Graham, F. S., McDougall, T. J. Quantifying the nonconservative production of conservative temperature, potential temperature, and entropy. *Journal of Physical Oceanography*. 2013. Vol. 43 (5), pp. 838–862.
9. Sinha, D. Entropy changes in a thermodynamic process under potential gradients. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2014. Vol. 416, pp. 676–683.
10. Lazarev V. L. Kvalimetriya of systems on the basis of entropy potentials of parameters. Applied aspects for the food industry and nanotechnologies. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2009. No 4. p. 48–52. (in Russian)
11. Lazarev V. L., Mitin E. E. Monitoring the processes of heat treatment of liquid products based on the methods of the theory of entropy potentials. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2013. No 2. p. 43–45. (in Russian)
12. Shevtsov A. A., Frolova L. N., Vasilenko V. N., Dragan I. V. Automatic optimization of process of pressing of seeds of oil-bearing crops on a technical and economic indicator. *Vestnik VGUIT*. 2014. No 3 (61). p. 18–22. (in Russian)
13. Noskov A. N., Zimkov A. A. Adjusting the efficiency of a screw refrigeration compressor by means of internal devices/ *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2012. No 2. p. 52–54. (in Russian)
14. Stegalichev Yu. G., Golovkin A. N., Lazarev V. L. Assessment of distribution of temperature fields in the koptilnykh installations of tunnel type. *Rybnoe khozyaistvo*. 1978. No 3. p. 69–71. (in Russian)
15. Lazarev V. L. Assessment of distribution of temperature fields in the koptilnykh installations of tunnel type. Collection of reports of the International conference on soft calculations and measurements of SCM'2005. St.-Petersburg. 2005. Vol. 1, p. 114–117. (in Russian)

### References

1. Lektorskii V. A. Cognitive approach. Moscow. 2008. 427 p. (in Russian)
2. Prokopchina S. V., Shestopalov M. Yu. etc. Management under fuzzy conditions. St.-Petersburg. 2014. 303 p. (in Russian)
3. Lazarev V. L. The Theory of Entropy Potentials, Basic Concepts, Results and Applications. *Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications)*. 2011. Vol. 21 (4). pp. 637–648.
4. Lazarev V. L. Theory of entropy potentials. St.-Petersburg. 2012. 127 p. (in Russian)
5. Lazarev V. L. Research of systems on the basis of entropy and information characteristics. *Zhurnal tekhnicheskoi fiziki*, 2010. No 2. p. 1–7. (in Russian)
6. Turichin A. M., Novitskii P. V., Levshina E. S. etc. Electric measurements of not electrical quantities. Leningrad. 1975. 576 p. (in Russian)
7. Lazarev V. L. An entropy approach to monitoring and control. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2005, Vol. 44, No 6, pp. 893–899.

Статья поступила в редакцию 19.02.2015

## VII международная научно-техническая конференция

### «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке»



ОРГАНИЗАТОРЫ:  
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА



**17 – 20 ноября 2015**

Конференция проводится на базе Института холода и биотехнологий Университета ИТМО  
по адресу: 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

E-mail: [proffcomm@mail.ru](mailto:proffcomm@mail.ru)

#### ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ:

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Низкотемпературная техника и системы низкопотенциальной энергетики;</li> <li>• Надежность материалов низкотемпературной техники;</li> <li>• Автоматизация процессов и устройств;</li> <li>• Криогенная техника и технологии;</li> <li>• Системы кондиционирования и жизнеобеспечения;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Теоретические основы тепло- и хладотехники;</li> <li>• Техника и процессы пищевых производств;</li> <li>• Пищевые технологии;</li> <li>• Биотехнологии пищевых продуктов;</li> <li>• Промышленная экология;</li> <li>• Экономика и управление производством в отрасли;</li> <li>• Высшая школа и социально-культурные практики XXI века.</li> </ul> |
|---|--|

Телефон для справок: (812) 572-27-10, Платунова Яна Яковлевна, Москвичева Елена Владимировна

<http://ihbt.ifmo.ru>