

УДК 637.52 (075)

# Системный подход к оценке состояний неопределенности. Особенности реализации для задач мониторинга и управления

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

<sup>1</sup>holod25@yandex.ru, <sup>2</sup>vniig-audit@mail.ru

Университет ИТМО

Институт холода и биотехнологий

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

*В работе изложен подход к исследованию состояний неопределенности различных систем, основанный на использовании методов теории энтропийных потенциалов. Авторами проанализированы причины возникновения таких состояний при организации мониторинга и управления на производствах пищевой, химической, металлургической и др. отраслей промышленности. Представлен набор понятий энтропийных потенциалов, рассмотрены их свойства и возможности по описанию состояний неопределенностей в различных ситуациях. Также рассмотрены вопросы практической реализации предлагаемых решений, связанные с минимизацией объемов измерительной информации при получении оценок величин энтропийных потенциалов контролируемых параметров. Состоятельность и полезность предложенных подходов направлена на повышение эффективности функционирования систем мониторинга и управления и проиллюстрирована конкретными примерами.*

**Ключевые слова:** состояния неопределенности, мониторинг, управление, энтропийные потенциалы, теория энтропийных потенциалов, частота дискретизации.

## The system approach to an assessment of states of uncertainty. Problems of implementation for monitoring and control tasks

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

<sup>1</sup>holod25@yandex.ru, <sup>2</sup>vniig-audit@mail.ru

University ITMO

Institute of Refrigeration and Biotechnologies

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

*The article deals with states of uncertainty of various systems. Their analysis is being made by entropy potential theory method. The reasons of such states in monitoring and control systems of food, chemical, metallurgical etc industries have been analyzed. Entropy potentials are explained; their properties and potential for describing state of uncertainty in various situations are considered. The problems of practical implementation of the proposed approaches to minimize measurement data while estimating entropy potential of the parameters being controlled have been investigated. Validity and usefulness of the approaches has to increase monitoring and control system efficiency and has been exemplified.*

**Keywords:** state of uncertainty, monitoring, control, entropy potentials, theory of entropy potentials, sampling frequency.

Организация мониторинга и управления объектами любой природы в подавляющем большинстве случаев предусматривает получение информации о состояниях этих объектов по выбранным параметрам, а также измерение величин действующих возмущений. Ис-

ключениями являются частные варианты разомкнутых систем, например, системы программного управления. Для процессов и производств пищевой, химической, металлургической и др. отраслей промышленности таковыми являются параметры, характеризующие состав и свойства сырья, ингредиентов и готовой продукции. Особенностью определения величин параметров является необходимость использования дорогостоящего оборудования, реактивов, привлечения высококвалифицированного персонала, а также значительные затраты времени на проведение самих измерений. Все это приводит к увеличению себестоимости продукции и снижению эффективности управления. Более подробно эти вопросы рассмотрены в работах [1–5]. Там же приведены характеристики процедур формирования «информационных полей» для различных технологических параметров и операций. Минимизация объемов измерений с целью снижения себестоимости продукции порождает возникновение неопределенности в оценке состояний таких объектов, что, в конечном счете, снижает эффективность управления и качество получаемой продукции. Состояния неопределенности, обусловленные «дефицитом» измерительной информации, являются характерными атрибутами организации мониторинга и управления для многих процессов и производств пищевой и ряда других отраслей промышленности.

В свете сказанного, актуальной является проблема разработки системного подхода к оценке состояний неопределенности и оптимизации структуры и объемов «информационных полей» для организации эффективного мониторинга и управления такими объектами. Ключевым аспектом решения этой проблемы является выбор подхода к описанию состояний неопределенности. Следует отметить, что разработка подходов и процедур принятия решений, организации управления в условиях априорной неопределенности относятся к так называемым

«интеллектуальным» задачам, разрешение которых в значительной мере определяет перспективы развития науки и техники. Это направление интенсивно развивается, о чем свидетельствует нарастающий поток публикаций. Создаются и совершенствуются различные теории, методы, подходы. Среди существующих разработок следует отметить методы интервальных оценок, методы теории нечетких или размытых множеств, методы, основанные на использовании технологий экспертных систем, искусственных нейронных сетей, методы когнитивных информационных технологий, байесовские интеллектуальные технологии и сети, методы теории энтропийных потенциалов и др. Подробный обзор приведен, например, в работах [6–8]. Каждый из подходов характеризуется своими возможностями, достоинствами и недостатками, областями применения. Опыт развития науки и техники позволяет сделать прогноз, что наиболее востребованными будут являться такие подходы к решению задач мониторинга, прогнозирования и организации управления в условиях неопределенности, которые позволяют оценивать состояние систем на основе вещественной функции. Эта функция должна основываться на учете вероятностных свойств рассматриваемых параметров совместно с характеристиками их рассеяния. При этом используемые характеристики и критерии должны подаваться достаточно простому определению и быть компактными. Также целесообразно предусмотреть наличие возможности интеграции различных методов и моделей состояний неопределенности в единые полимодельные комплексы.

В значительной мере изложенным требованиям отвечает комплекс понятий энтропийных потенциалов (ЭП), который введен в рамках соответствующей теории. Изложение теории энтропийных потенциалов (ТЭП) с рассмотрением прикладных особенностей к решению ряда задач обработки наблюдений, мониторинга и управления объектами различной природы приведено, в основном, в работах [8–11]. Эта теория востребована, имеет результаты внедрения и перспективы развития и практического применения [3–5, 8–11]. Ее достоинством является то, что с использованием предложенных понятий и методов представляется возможным оценить изменение состояний различных систем по их «информационному следу», а также выявить степень влияния отдельных составляющих величин ЭП на состояния неопределенности систем в целом.

ТЭП базируется на использовании набора «вложенных» понятий энтропийных потенциалов: энтропийный потенциал (ЭП), комплексный ЭП (КЭП), многомерный КЭП (МКЭП). В общем виде всю совокупность понятий энтропийных потенциалов —  $E$  можно определить кортежем множеств и отношений вида [8, 9]

$$E = \langle X, N_E, L_{E,Z}, P_E \rangle, \quad (1)$$

где  $X = \{\Omega_i(\vec{\xi})\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$  — множество параметров, используемых для описания состояния объекта или системы, здесь  $\vec{\xi}$  — вектор факторов, определяющий вариацию величин  $i$ -го параметра (например, факторы времени, пространственных координат и др.);

$N_E$  — набор отображений для множеств параметров из  $\Omega_i(\vec{\xi})$ . В качестве таковых в моделях энтропийных

потенциалов используются отображения для получения характеристик рассеяния (СКО) —  $\sigma_i$ , базовых значений параметров —  $X_{ni}$ , величин энтропийных коэффициентов —  $K_{ei}$ , а также, при необходимости, соответствующих весовых коэффициентов —  $c_i$ ;

$L_{E,Z}$  — набор форм отношений для отображения элементов из  $N_E$  в  $P_E$  по схеме  $N_E \rightarrow P_E$ , здесь  $Z$  — номер варианта форм ( $Z = 1, 2, \dots, n$ );

$P_E$  — набор понятий, критериев, характеризующих состояния неопределенности элементов из  $X$ : ЭП, КЭП, МКЭП.

Приведенное определение (1) допускает дальнейшее развитие и пополнение перечня вводимых понятий для описания состояний неопределенности в различных задачах, а также при использовании различных групп параметров.

В соответствии с определением (1) вводится общее понятие состояния неопределенности  $m$ -мерного вектора — МКЭП (критерий  $La_z$ ) в следующем виде

$$La_z = \left( \sum_{i=1}^m (c_i \cdot |L_{\Delta_i}|)^z \right)^{\frac{1}{z}} = \left( \sum_{i=1}^m \left( c_i \cdot \left| \frac{\Delta_{ei}}{X_{ni}} \right|^z \right) \right)^{\frac{1}{z}} = \left( \sum_{i=1}^m \left( c_i \cdot \frac{K_{ei} \cdot \sigma_i}{|X_{ni}|} \right)^z \right)^{\frac{1}{z}} \quad (2)$$

В определении (2) использованы следующие обозначения:

$L_{\Delta_i}$  — КЭП  $i$ -ого параметра ( $i = 1, 2 \dots m$ ).

$$L_{\Delta_i} = \frac{\Delta_{ei}}{|X_{ni}|} = \sigma \frac{K_{ei}}{|X_{ni}|}, \quad (3)$$

где  $X_{ni}$  — величина базового значения, относительно которого рассматривается состояние неопределенности. В качестве базы может быть выбрана величина математического ожидания параметра —  $m_x$  или величина его номинального значения. Если изменения параметра происходят в окрестности нуля, то в качестве величины  $X_{ni}$  могут быть использованы величина диапазона изменения этого параметра, величина предельно-допустимого значения и др.

$\Delta_{ei}$  — энтропийный потенциал  $i$ -го параметра.

Энтропийным потенциалом  $\Delta_e$  параметра  $x$  называется половина диапазона изменения ограниченного распределения, имеющего такую же информационную

энтропию  $H(x) = -\sum_{(i)} P(X_i) \log_a P(X_i)$ , что и закон распределения этого параметра.

Здесь  $P(X_i)$  — вероятность появления значения величины  $X_i$ ;  $i \in I$ .

В качестве базы для нахождения величины ЭП целесообразно выбрать распределение, имеющее ограниченный диапазон изменения равный  $[-\Delta_e, \Delta_e]$ , а также функцию плотности вероятности  $p(x)$  симметричную относительно центра этого диапазона. То есть

$$x \in [-\Delta_e, \Delta_e]. \quad (4)$$

В этом случае соответствующая плотность распределения вероятностей будет зависеть от величины  $\Delta_e$

$$p(x) = p(x, \Delta_e). \quad (5)$$

Величина энтропии базового распределения так же будет зависеть от величины  $\Delta_e$  в соответствии с (5).

Приравнивая энтропию рассматриваемого параметра с произвольным законом распределения  $H(x)$ , энтропии базового распределения с ограниченным диапазоном изменения параметра  $H(x, \Delta_e)$  получим

$$H(x) = H(x, \Delta_e). \quad (6)$$

Решая уравнение (6) относительно  $\Delta_e$ , получим выражение для нахождения величины ЭП в общем виде

$$\Delta_e = F\{H(x)\}. \quad (7)$$

Величина ЭП имеет размерность рассматриваемого параметра. Поэтому, ее можно выразить как масштабное изображение каких-либо величин (например, среднего квадратического отклонения (СКО) —  $\sigma$ , размаха выборки и др.), имеющих такую же размерность. В важном частном случае, состояние неопределенности параметра может быть выражено через характеристику его рассеяния —  $\sigma$  и коэффициент  $K_e$ , характеризующий дестабилизационные свойства закона распределения в виде

$$\Delta_e = K_e \sigma. \quad (8)$$

Коэффициент  $K_e$  носит название энтропийного коэффициента. Свойства энтропийных коэффициентов, методики их определения для различных ситуаций исследованы и рассмотрены в работах [8, 9, 12].

Введенные понятия величин ЭП являются взаимосвязанными и основаны на принципе «вложения»: понятия более высокого уровня выражаются через величины энтропийных потенциалов предыдущих уровней. И наоборот, упрощение описания состояния неопределенности осуществляется путем исключения дополнительных характеристик неопределенности (варианта многопараметрической модели, базового значения, энтропийного коэффициента и др.). В результате «диапазон» изменения «сложности моделей» состояний неопределенности, в зависимости от ситуации, может изменяться от уровня критерия  $La_z$  (в различных вариантах) до величины СКО или размаха выборки параметра.

Общая идея применения методов ТЭП для организации мониторинга объектов и систем различной природы состоит в следующем. Функционирование любого объекта характеризуется изменением его параметров. Эти изменения, с позиции «стороннего наблюдателя», могут быть охарактеризованы соответствующими состояниями неопределенности, а, следовательно, и величинами энтропийных потенциалов. (Выбор той или иной величины ЭП определяется конкретикой решаемой задачи.) Даже если изменения какого-либо параметра в процессе функционирования объекта описываются детерминированной зависимостью, с позиции «стороннего наблюдателя», его отдельные реализации могут рассматриваться как случайные величины, характеризующиеся функцией распределения вероятностей и состоянием неопределенности. Поэтому, анализируя изменение величин энтропийных потенциалов и определяющих их параметров (СКО, энтропийных коэффициентов, базовых значений и др.) можно отслеживать состояния объектов и тенденции их изменений.

Идея управления на основе методов ТЭП состоит в организации внесения управляющих воздействий, направленных на целенаправленное изменение величин энтропийных потенциалов через изменение определяющих их параметров. Более подробно, с соответствующими примерами, эти вопросы рассмотрены в работах [8–11].

Изложенный подход оказался эффективным для решения задач мониторинга и управления в различных отраслях науки и техники.

Важным моментом в практической реализации предложенных решений является организация вычислительных оценок величин ЭПов и определяющих их параметров на основании результатов наблюдений. Для большинства объектов вышеуказанных отраслей промышленности, рассматриваемые в задачах мониторинга и управления параметры, являются непрерывными функциями времени [13]. При этом, как отмечено выше, ставится задача минимизации объемов измерительной информации, обеспечивающей получение «правдоподобных» оценок соответствующих параметров. В конечном счете, задача сводится к рациональному выбору частот дискретизации  $\omega_d$  или периодов проведения измерений  $T_d$ ,  $T_d = 2\pi/\omega_d$ , с последующим квантованием и кодированием анализируемых параметров объекта. Или, более кратко, к оптимизации режимов процедуры аналого-цифрового преобразования (АЦП). Последующая обработка «оцифрованного» сигнала осуществляется в вычислительном устройстве по заданным зависимостям и алгоритмам. При решении большинства практических задач проблема квантования сигнала не является ключевой, хотя наличие различных эффектов (например, шумов квантования, переполнения разрядной сетки в процессе вычисления и др.) могут оказать влияние на качество выполнения этой операции. Точность квантования сигнала определяется выбором метода округления. В настоящее время задачи квантования сигналов достаточно хорошо проработаны на математическом и программном уровнях. Так, например, в системе MATLAB имеется значительный арсенал функций для округления различными методами (*round*, *ceil*, *fix*, *floor*), а также большие наборы специальных функций для квантования сигналов в пакетах *Signal Processing*, *Filter Design* и др.

Наиболее проблематичным является выбор периода дискретизации при снятии исходного сигнала. Проблема состоит в следующем. Увеличение периода дискретизации позволяет уменьшить количество измерений  $X_i$  ( $i \in I$ ), результаты которых используются для вычислительных значений величин ЭП на основе выражений (2)–(8) и, следовательно, уменьшить затраты на проведение измерений и обработку информации. При этом возрастает вероятность того, что представление исходного параметра набором «редких» дискретных значений  $X_i$  приведет к потере информации, т.е. исходный сигнал не сможет быть восстановлен по значениям таких отсчетов. Соответственно вышеуказанные оценки величин энтропийных потенциалов и определяющих их параметров, рассчитанные на основании этих дискретных значений, не будут являться «надежными» и объективными. И наоборот, повышение частоты дискретизации

будет способствовать устранению этих недостатков, а, следовательно, повышению эффективности мониторинга и управления, а также повышению стоимости исследований и выпускаемой продукции. Отсюда возникает необходимость нахождения компромисса между этими противоречиями или т. н. «золотой середины». Для этого целесообразно использовать следующий подход.

Дискретизация исходного сигнала параметра  $x(t)$  осуществляется путем представления его последовательностью числовых значений  $X_i$ , отстоящих друг от друга по времени на величину  $T_d$ . Поэтому его можно представить в виде последовательности смещенных дельта — функций  $\delta(t - iT_d)$ ; ( $i \in I$ ), в масштабах значений исходного аналогового сигнала в соответствующие моменты дискретизации.

$$x_d(t) = \sum_{(i)} x(iT_d) \delta(t - iT_d) = x(t) \sum_{(i)} \delta(t - iT_d). \quad (9)$$

Условие, при котором исходный сигнал может быть представлен дискретными отсчетами без потери информации, описывается теоремой Котельникова. Применительно к рассматриваемой ситуации эта формулировка будет следующей. Для неискаженного представления информации, содержащейся в сигнале  $x(t)$ , дискретными отсчетами  $X_i = x(iT_d)$ ; ( $i \in I$ ), необходимо чтобы величина периода дискретизации удовлетворяла условию

$$T_d \leq \frac{\pi}{\omega_{\max}} = \frac{1}{2f_{\max}}, \quad (10)$$

где  $\omega_{\max}$  и  $f_{\max}$  максимальная круговая и циклическая частоты спектрального состава этого сигнала,  $\omega = 2\pi f$  [12, 13].

Если спектр сигнала является бесконечным или достаточно большим, то в качестве  $\omega_{\max}$  может быть выбрана т. н. эффективная ширина его спектра.

Исходя из изложенных соображений, осуществлялась процедура дискретизации сигналов параметров при мониторинге объектов и систем различной природы [4, 5, 8, 9, 14] и др. Для удобства практического использования при решении подобных задач представляется целесообразным заранее определить значения величин  $T_d$

для важнейших параметров типовых промышленных объектов и их табулировать. Это позволит значительно упростить процедуру проведения исследований и решения задач мониторинга и управления этими объектами. Определение значений величин  $T_d$  может быть осуществлено различными способами: на основании спектрального анализа сигналов параметров, исходя из имеющихся аналогий, на основе «физического смысла» работы объекта и др. В таблице приведены диапазоны варьирования величин  $T_d$  для ряда параметров пространственных технологических процессов пищевой промышленности. Эти данные получены на основании ограниченных исследований для отдельных видов типового оборудования и при необходимости могут быть скорректированы и дополнены. (Динамика изменения влияющих факторов технологических процессов и формируемых параметров продукции, помимо причин указанных в примечании, также зависит от характеристик и конструктивных особенностей используемого оборудования).

Приведенные данные необходимы для получения оценок затрат на проведение исследований, а также для оценки эффективности функционирования систем мониторинга и управления процессами. Кроме того, знания реальных значений величин  $T_d$  позволяют обосновать требования по быстродействию к методам и аппаратуре для проведения соответствующих измерений.

Изложенный подход, основанный на использовании методов ТЭП, направлен на повышение эффективности функционирования систем мониторинга и управления, особенно в условиях априорной неопределенности.

### Список литературы

1. *Бегунов А. А.* Метрологическое обеспечение производства пищевой продукции: Справочник. — СПб.: МП «Издатель», 1992. 288с.
2. *Краснов А. Е., Красуля О. В., Большаков О. В., Шленская Т. В.* Информационные технологии пищевых производств в условиях неопределенности. — М.: ВНИИМ, 2001. — 496с.

### Ориентировочные значения величин $T_d$ для ряда технологических параметров

Тех. процесс	Параметры	Значения $T_d$ мин	Примечание
Горячее копчение рыбы	Температура в толще рыбы Содержание влаги Содержание жира Содержание соли	0,5–10 3–15 5–20 3–15	Вариации $T_d$ зависят от размеров и хим. состава рыбы
Термообработка вареных колбас и колбасной продукции	Температура исходного фарша Содержание влаги в фарше Температура в центре батона Содержание соли Содержание влаги Содержание жира	1–7 2–10 0,5–15 4–15 3–15 3–20	Вариации $T_d$ зависят от диаметра батона, типа оболочки, химического состава и свойств фарша
Выпечка хлебулочных изделий	Температура исходного теста Содержание влаги в тесте Температура в толще изделия Содержание влаги Содержание соли	1–7 3–15 1–5 3–12 3–12	Вариации $T_d$ зависят от размеров изделия, состава и свойств теста

3. Лазарев В. Л. Робастные системы управления в пищевой промышленности: Учебное пособие. — СПб.: СПбГУ-НиИПТ, 2003. 150 с.
4. 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.
5. Лазарев В. Л., Митин Е. Е. Использование энтропийных характеристик для описания состояний неопределённости свойств пищевого сырья и продукции при организации мониторинга и управления. Сб. трудов V МНТК «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». С-Пб, 2011. С. 223–225.
6. Интеллектуальные системы автоматического управления. /Под ред. И. М. Макарова, В. М. Лохина. М.: Физматлит, 2001. 576 с.
7. Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. — М.: Наука, 2006. 410 с.
8. Лазарев В. Л. Теория энтропийных потенциалов. С-Пб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2012. 127с.
9. Lazarev V. L. The Theory of Entropy Potentials, Basic Concepts, Results and Applications. // Pattern Recognition and Image Analysis, 2011. Vol. 21, No 4, pp. 637–648.
10. Lazarev V. L. Analysis of Systems Based on Entropy and Information Characteristics. // Technical Physics, 2010. Vol. 55, No 2, pp. 159–165.
11. 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.
12. Электрические измерения неэлектрических величин. А. М. Туричин, П. В. Новицкий, Е. С. Левшина и др./Под ред. П. В. Новицкого. — Л.: Энергия, 1975. 576 с.
13. Айфичер Э. С., Джарвис Б. У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. Второе издание. Пер. с англ. — М.: ИД «Вильямс», 2004. 992 с.
14. 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.

## References

1. Begunov A. A. Metrologicheskoe obespechenie proizvodstva pishhevoj produkcii: Spravochnik. — SPb.: MP «Izdatel'», 1992. 288 p.
2. Krasnov A. E., Krasulja O. V., Bol'shakov O. V., Shlenskaja T. V. Informacionnye tehnologii pishhevyyh proizvodstv v usloviyah neopredelennosti. — M.: VNIIM, 2001. 496 p.
3. Lazarev V. L. Robastnye sistemy upravleniya v pishhevoj promyshlennosti: Uchebnoe posobie. — SPb.: SPbGUNIPT, 2003. 150 p.
4. Lazarev V. L. Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda. 2009. No 4. p. 48–52.
5. Lazarev V. L., Mitin E. E. Ispol'zovanie jentropijnyh harakteristik dlja opisaniya sostojanij neopredeljonnosti svojstv pishhevogo syr'ja i produkcii pri organizacii monitoringa i upravleniya. Sb. trudov V MNTK «Nizkotemperaturnye i pishhevyje tehnologii v XXI veke». S-Pb, 2011. p. 223–225.
6. Intellektual'nye sistemy avtomaticheskogo upravleniya. /Pod red. I. M. Makarova, V. M. Lohina. M.: Fizmatlit, 2001. 576 p.
7. Ohtilev M. Ju., Sokolov B. V., Jusupov R. M. Intellektual'nye tehnologii monitoringa i upravleniya strukturnoj dinamikoj slozhnyh tehnicheskikh ob'ektov. — M.: Nauka, 2006. 410p.
8. Lazarev V. L. Teorija jentropijnyh potencialov. S-Pb.: Izd-vo Politehnicheskogo un-ta, 2012. 127p.
9. Lazarev V. L. The Theory of Entropy Potentials, Basic Concepts, Results and Applications. // Pattern Recognition and Image Analysis, 2011. Vol. 21, No 4, pp. 637–648.
10. Lazarev V. L. Analysis of Systems Based on Entropy and Information Characteristics. Technical Physics, 2010. Vol. 55, No 2, pp. 159–165.
11. 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.
12. Jelektricheskie izmerenija nejelektricheskikh velichin. A. M. Turichin, P. V. Novickij, E. S. Levshina i dr./Pod red. P. V. Novickogo. — L.: Jenergija, 1975. 576 p.
13. Ajficher Je. S., Dzharvis B. U. Cifrovaja obrabotka signalov: prakticheskij podhod. Vtoroe izdanie. Per. s angl. — M.: ID «Vil'jams», 2004. 992 p.
14. Lazarev V. L., Mitin E. E. Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda. 2013. No 2. p. 43–45.

## Конференции Международного института холода INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION (IIR)

<http://www.iifiir.org>

14–17 июля 2014 г.	Пердью, Западный Лафайетт, Индиана, США*	Комиссии E1. E2	3-я Международная конференция по высокоэффективным зданиям
		Комиссия E1	15-я Международная конференция по охлаждению и кондиционированию воздуха
		Комиссия B2	22-я Международная конференция по компрессорному оборудованию
31 августа – 2 сентября 2014 г.	Ханджоу, КНР	Комиссия B1	11-я Международная конференция им. Густава Лорентцена по природным хладагентам
<b>16–22 августа 2015 г.</b>	Йокогама, Япония	<b>Все комиссии</b>	24-й Международный конгресс по холоду (ICR 2015)
* Конференции со спонсорским участием Международного института холода			