

УДК 637.073

К вопросу оценки неоднородности свойств и состава сред

Канд. техн. наук В. Л. ЛАЗАРЕВ¹, П. А. БОГДАНОВ, М. М. ПЕТРОВ, К. Ю. ТОМСОН¹holod25@yandex.ru

Университет ИТМО

Рассмотрены подходы к разработке эффективных оценок для контроля неоднородности состава и свойств различных сред. Изложенные решения основаны на использовании понятий и методов теории энтропийных потенциалов. При таком подходе неоднородность свойств объектов предлагается рассматривать, как состояния неопределенности в пространстве анализируемых параметров. Предлагаемые оценки неоднородности основаны на использовании типовых статистических характеристик, являются компактными, наглядными и удобными для практического использования. Они не противоречат существующим разработкам, а дополняют и расширяют их возможности. Достоинством предложенного подхода являются возможность описания состояний неопределенности набором взаимосвязанных числовых характеристик, каждая из которых соответствует определенному «уровню» описания этих состояний. Характеристики более высокого уровня выражаются через характеристики предыдущих уровней за счет учета дополнительных параметров состояний неопределенности и, наоборот. Методики получения оценок этих характеристик при наличии малых объемов результатов наблюдений являются актуальными для многих процессов и производств биотехнологической промышленности. Приведены конкретные результаты исследования неоднородности рабочих сред в ряде процессов и аппаратов различных отраслей промышленности.

Ключевые слова: неоднородность, состояние неопределенности, энтропийные потенциалы, мониторинг.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 23.10.2017, принята к печати 02.03.2018

DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-74-80

Язык статьи — русский

Ссылка для цитирования:

Лазарев В. Л., Богданов П. А., Петров М. М., Томсон К. Ю. К вопросу оценки неоднородности свойств и состава сред // Вестник Международной академии холода. 2018. № 1. С. 74–80.

Evaluating heterogeneity of composition and properties for different environments

Ph. D. V. L. LAZAREV¹, P. A. BOGDANOV,
M. M. PETROV, K. U. TOMSON¹holod25@yandex.ru

ITMO University

The paper discusses approaches to the development of effective assessment techniques for monitoring heterogeneity of composition and properties of different environments. Outlined solutions based on the use of concepts and methods of the theory of entropy potentials. With this approach, the heterogeneity of the properties of the objects is proposed to consider as a state of uncertainty in the space of the parameters being analyzed. The proposed evaluations of heterogeneity based on the use of standard statistical characteristics are compact, clear, and convenient for practical use. They are not inconsistent with existing developments but complement and extend their potential. The advantages of the proposed approach are the possibility to describe states of uncertainty a set of interrelated numerical characteristics, each of which corresponds to a certain «level» in the description of these states. The characteristics of a higher level are expressed through the characteristics of the previous levels by taking into account additional parameters in conditions of uncertainty and vice versa. There are methods of obtaining estimates of these characteristics in the presence of small volumes of observations that is relevant to many processes and industries in biotechnology industry. The specific results of the study on the heterogeneity of environments in a number of processes and apparatus in various industries are given.

Keywords: heterogeneity, uncertainty, entropy potentials, monitoring.

Article info:

Received 23/10/2017, accepted 02/03/2018

DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-74-80

Article in Russian

For citation:

Lazarev V. L., Bogdanov P. A., Petrov M. M., Tomson K. U. Evaluating heterogeneity of composition and properties for different environments. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2018. No 1. p. 74–80.

Введение

Актуальность рассматриваемого вопроса обусловлена наличием ряда процессов, например, термической, холодильной обработки различных продуктов, где требуется обеспечение надлежащего уровня однородности параметров энергоносителя (температуры, влажности и др.) в рабочих объемах соответствующих камер и во времени протекания отдельных технологических этапов или операций. К таковым, например, относятся печи для обжига материалов и изделий в строительной, химической и металлургической промышленности, камеры для выпечки хлебобулочной продукции, термообработки колбас, рыбной продукции, климатические камеры и др. Повышенный разброс значений технологических параметров для подобных производств зачастую является одной из основных причин снижения качества выпускаемой продукции и появления брака. Поэтому вопрос контроля неоднородности состава и свойств различных сред является актуальным при проектировании и проведении исследований свойств многокомпонентных систем, организации управления процессами их производства [1, 2].

В настоящее время для описания вариации или рассеяния какого-либо параметра используются следующие величины [1, 3, 4]:

- размах выборки;
- среднее отклонение;
- дисперсия;
- среднее квадратическое отклонение (СКО);
- коэффициент вариации.

Наибольшее распространение в инженерной практике получили взаимосвязанные величины: дисперсия — σ^2 и СКО — σ . Каждая из вышеприведенных величин имеет свои особенности в описании свойств вариаций.

Повышение уровня исследований, развитие методов управления объектами различной природы нуждаются в совершенствовании и унификации моделей для описания вариативных свойств параметров на основе интеграции возможностей отдельных величин в единый комплекс. В этой связи представляется целесообразным рассматривать рассеяние параметра, как проявление его состояния неопределенности. При таком подходе появляются предпосылки использования разработок теории нечетких множеств, интеллектуальных технологий обработки информации, технологий нечеткой логики и других для решения стоящих проблем.

Постановка задачи.

Основные положения и определения

Обзор существующих подходов, теорий и методов к описанию и исследованию состояний неопределенности приведен в работах [5, 6, 7]. Одним из перспективных для решения стоящих задач является подход, основанный на использовании методов теории энтропийных потенциалов (ТЭП). Его основными достоинствами являются:

— возможность описания состояний неопределенности набором взаимосвязанных числовых характеристик, каждая из которых соответствует определенному «уровню» описания этих состояний;

— характеристики более высокого уровня выражаются через характеристики предыдущих уровней за счет учета дополнительных параметров состояний неопределенности и, наоборот;

— возможность получения оценок этих характеристик при наличии малых объемов результатов наблюдений.

Примеры реализации этого подхода для различных задач приведены в работах [2, 7–11].

Исходными данными для непосредственного получения оценок величин энтропийных потенциалов являются результаты наблюдений анализируемого параметра G , которые зачастую представляются результатами соответствующих измерений. Эти результаты, в общем случае, могут быть представлены в виде исходного множества G :

$$G = \{G_{i,j}(x_i; y_i; z_i; t_j)\}, (i \in I; j \in J), \quad (1)$$

где x, y, z — координаты пространства V , в котором исследуются вариации параметра;

$i \in I = 1, 2, \dots, n$ — индексы (номера) точек с соответствующими координатами в V , в которых производится получение информации о значениях параметра (например, места установки датчиков или отбора проб для проведения последующих измерений);

$j \in J = 1, 2, \dots, m$ — индексы интервалов времени t для проведения наблюдений (измерений).

Возможно упрощение выражения (1) в ряде частных случаев, встречающихся на практике. Так, например, если $I = 1$, т.е. контроль параметра осуществляется только в одной (т.н. характерной) точке пространства V , то множество G будет секвестрировано до подмножества G_1 :

$$G_1 = \{G(t_j)\}, (j \in J). \quad (2)$$

Такая ситуация, например, может иметь место при контроле температурного режима в относительно малом объеме холодильной камеры. При увеличении размеров камеры пренебрежение вариациями температуры во всем объеме приведет к снижению эффективности контроля и качества управления режимами холодильной обработки. Другим частным вариантом (1) является ситуация когда рассматривается или имеет место статика режима параметра G в пространстве V . То есть

$$\frac{dG(x; y; z; t)}{dt} = 0.$$

В этом случае множество G будет секвестрировано до подмножества G_2 :

$$G_2 = \{G_i(x_i; y_i; z_i)\}, (i \in I). \quad (3)$$

Возможны и другие частные варианты формирования подмножеств результатов измерений из исходного множества G .

В соответствии с используемыми технологиями получения и преобразования измерительной информации, анализируемые параметры можно разделить на следующие основные классы: функциональные, диапазонные,

функционально-диапазонные, сигнальные и др. [6]. Для решения поставленной задачи наиболее подходящими являются функциональные и функционально-диапазонные классы. В этих случаях анализируемый параметр может быть представлен во времени бесконечным множеством значений, т. е. $G_{i,j} \subset R^1$, ($i \in I; j \in J$). При наличии значимых или рубежных диапазонов изменений параметра L , это исходное множество будет состоять из набора подмножеств, т. е. $G_{i,j} = G_{i,j}^{(1)} \cup G_{i,j}^{(2)} \cup \dots = \bigcup_{l \in L} G_{i,j}^{(l)}$, соответствующих этим диапазонам.

Наиболее полной характеристикой неоднородности или состояния неопределенности среды по параметру G является величина комплексного энтропийного потенциала (КЭП) L_Δ , которая определяется из выражения, описанного в работах [5, 7]:

$$L_\Delta = \frac{\Delta_e}{|X_n|} = \frac{K_e \sigma}{|X_n|}, \quad (4)$$

где X_n — величина базового значения при рассмотрении состояния неопределенности параметра;

Δ_e — величина энтропийного потенциала (ЭП) параметра, которая выражается через величины среднего квадратического отклонения (СКО) — σ и энтропийного коэффициента — K_e .

Если величина СКО определяет средний радиус рассеяния или среднее отклонение параметра в выборке от его математического ожидания m , то величина K_e характеризует вариативные свойства закона распределения, предсказуемость появления конкретных значений параметра. Таким образом, использование величины L_Δ в качестве характеристики состояния неопределенности позволяет учесть все «границы» этого явления в едином комплексе. Очевидно также, что основные, используемые для описания рассеяния величины, являются частными представлениями величины L_Δ . Так, например, если пренебречь изменениями вариативных свойств закона распределения и базовых значений при исследовании неоднородности среды (т. е. полагать $K_e = \text{const}$; $X_n = \text{const}$), то величина L_Δ вырождается в масштабное изображение величины СКО. Если использовать в качестве величины X_n величину m , то величина L_Δ вырождается в масштабное изображение величины коэффициента вариации.

Исследование вариаций величин энтропийных коэффициентов технологических параметров на практике

Целесообразность учета свойств законов распределения параметров, при исследовании неоднородности среды, обусловлена тем, что для ряда промышленных объектов имеют место значительные изменения соответствующих величин K_e . Это показано в таблице, где приведены данные о реальных диапазонах изменения величины энтропийного коэффициента по наиболее значимым параметрам для некоторых из вышеупомянутых объектов. Приведенные данные получены для отдельных типов объектов и вариантов их использования и не претендуют на исчерпывающую «полноту». Так, например, при проведении исследований процесса

горячего копчения рыбы были рассмотрены два варианта конструкций туннельных печей типа «Квернер-Брук», используемых для производства продукции из рыбы мелких размеров (корюшки, салаки и др.). Это же оборудование может использоваться для переработки других видов рыб и сырья. Для этого необходима перенастройка режимных параметров, что, в свою очередь, приведет к изменению характеристик этих объектов. При этом также следует учитывать, что существует и разрабатывается значительное число их модификаций с различными конструктивными и техническими особенностями. Для нахождения оценок величин K_e в зависимости от специфики объекта, использовались различные множества результатов измерений, полученных, как в конкретной точке пространства во времени протекания процесса или его отдельных этапов (определение (2)), так и для ряда точек в пространстве какой-либо секции туннеля печи (определение (3)). При этом по возможности, выбирались наиболее характерные точки или части объема туннеля, в которых происходит наиболее интенсивная обработка сырья: в местах подвода энергоносителя или дыма.

Аналогичная ситуация имеет место и для других типов туннельных печей, используемых для термообработки колбасных изделий (например, типа РЗ-ФАТ-12), выпечки хлебобулочной продукции (печи типов ПХС, ПХК), обжига кирпичей, керамики и пр. Что касается процессов дефростации или хранения различной продукции, то для их реализации, наряду с множеством существующих типовых вариантов камер (дефростации, холодильного хранения, хранения продукции растительного происхождения и др.), могут использоваться производственные помещения, оснащенные соответствующим оборудованием (системами подачи пара, панелями охлаждения и подогрева, шлюзами для загрузки и выгрузки продукции и др.). Поэтому в работе не ставилась задача проведения элементов «энтропийного» анализа, для каких-либо типов объектов и видов сырья, а требовалось наглядно показать, что изменение величины K_e в реальных объектах является существенным и его необходимо учитывать при описании вариаций свойств параметров. В столбцах 6 и 7 таблицы приведены минимальные и максимальные значения величин энтропийных коэффициентов параметров, наблюдавшихся при проведении различных серий исследований. В столбце 5, для общего представления, приведены их средние значения m_{K_e} . На основе выражения (4), можно сделать общий вывод о том, что вариации K_e в пределах существующих размахов, могут обеспечить изменение состояний неопределенности параметров в рассматриваемой среде (в виде величины L_Δ) до 12÷17%.

В зависимости от ситуаций с исходными данными по рассматриваемым параметрам, в соответствии с существующими рекомендациями и подходами [7, 12], использовались различные методики получения оценок величин K_e . Применялись: метод прямого оценивания; метод робастного оценивания на основе специальных графиков; метод определения оценок по характеристикам входных воздействий (влияющих возмущений) и свойствам объектов и др. Это обстоятельство обусловило различную точность представленных оценок.

Вариативные свойства величины K_e .
The characteristics of K_e value under different conditions

N	Тип объекта. Назначение. Этапы или зоны технологического процесса	Анализируемые параметры энергосистемы (ед. измерения)	Среднее значение параметра m	Характеристики величины K_e		
				m_{ke}	K_e (min)	K_e (max)
1	2	3	4	5	6	7
1	Туннельные печи					
	1. Термообработка колбасных изделий: — подсушка	Температура, °C	62	1,71	1,62	1,86
		Влажность, %	28	1,65	1,55	1,75
	— обжарка	Температура, °C	92	1,92	1,76	2,06
		Влажность, %	42	1,75	1,67	1,84
	— варка	Температура, °C	82	1,92	1,76	2,02
		Влажность, %	95	1,72	1,63	1,94
	2. Горячее копчение рыбы: — варка	Температура, °C	145	2,03	1,85	2,06
		Температура, °C	93	1,92	1,87	2,03
	— копчение	Влажность, %	41	1,70	1,65	1,78
	3. Выпечка хлеба	Температура, °C	230	2,01	1,95	2,05
	4. Обжиг кирпичей	Температура, °C	980	1,95	1,82	2,03
	2	Камеры				
1. Дефростация мясных полутош в паро-воздушной среде		Температура, °C	17	1,75	1,65	1,96
		Влажность, %	90	1,68	1,61	1,86
2. Хранение фруктов в газовой среде		Температура, °C	2	1,95	1,85	2,03
		Влажность, %	90	1,83	1,74	1,98

Исследование неоднородности свойств и состава сред на основе понятий энтропийных потенциалов

Изменение состояния неоднородности среды между отдельными этапами (временными, технологическими и др.) может быть оценено по приращению величины КЭП — δL_Δ

$$\delta L_\Delta = L_{\Delta 1} - L_{\Delta 2}, \tag{5}$$

где $L_{\Delta 1}$ и $L_{\Delta 2}$ — значения величин КЭПов на рассматриваемых этапах. При необходимости, величина δL_Δ также может быть оценена косвенно через выражение ее дифференциала с заменой дифференциалов аргументов на их реальные приращения. То есть

$$\delta L_\Delta \approx \frac{\partial L_\Delta}{\partial K_e} \delta K_e + \frac{\partial L_\Delta}{\partial \sigma} \delta \sigma + \frac{\partial L_\Delta}{\partial X_n} \delta X_n = \frac{\sigma}{X_n} \delta K_e + \frac{K_e \sigma}{X_n} \delta \sigma - \frac{K_e \sigma}{X_n^2} \delta X_n. \tag{6}$$

В выражении (6) величинами δK_e , $\delta \sigma$ и δX_n обозначены приращения величин энтропийного коэффициента, СКО и базового значения между рассматриваемыми этапами, соответственно. Определение этих приращений, в зависимости то конкретики решаемой задачи, может быть осуществлено различными методами [7, 10]. Например, для различных ситуаций, значения соответствующих приращений могут быть определены на основе предыдущего опыта и табулированы. Такие ситуации обуславливаются различными размерами и типами рыбы или колбасных батонов, поступающих на обработки, количеством рам с сырьем, загружаемых в вагонетки и другими эксплуатационными факторами. Также зависимости величин δK_e и $\delta \sigma$ от различных факторов D_l ($l \in L$), в отдельных случаях, могут быть представлены эмпирическими моделями вида

$$\delta K_e = f_1(D_l); \delta \sigma = f_2(D_l), (l \in L). \tag{7}$$

Конкретные варианты аналогов моделей f_1 и f_2 рассмотрены, например, в работах [7, 12]. Поэтому использование выражения (6) для нахождения оценки изменения неоднородности среды, в ряде случаев, может оказаться более предпочтительным, чем (5). Если в какой-либо частной ситуации реализуемого процесса или используемого оборудования имеет место постоянство отдельных величин, входящих в выражение (4), то выражение (6) уменьшится на соответствующие слагаемые.

В общих случаях имеет место проблема оценки неоднородности среды в рассматриваемом объеме по ряду или множеству параметров m : G_1, G_2, \dots, G_m . Таковыми, например, могут являться температура и влажность энергосистемы в камерах для дефростации сырья или тепловой обработки различной продукции: рыбной, колбасной и др. В камерах для хранения продукции растительного происхождения в газовой среде таковыми, помимо температуры и влажности, будут также являться концентрации отдельных газов: CO_2, N_2 и др. Аналогичная проблематика имеет место при производстве строительных смесей, в химической, металлургической и других отраслях промышленности.

Для решения стоящей проблемы в рамках ТЭП введено понятие многомерного комплексного энтропийного потенциала (МКЭП) — La_z , использование которого позволяет оценить состояние неопределенности объекта, среды в пространстве R^m .

$$La_z = \left(\sum_{i=1}^m (c_i |L_{\Delta i}|)^z \right)^{\frac{1}{z}} = \left(\sum_{i=1}^m \left(c_i \frac{\Delta_{ei}}{|X_{mi}|} \right)^z \right)^{\frac{1}{z}} = \left(\sum_{i=1}^m \left(c_i \frac{K_{ei} \sigma}{|X_{mi}|} \right)^z \right)^{\frac{1}{z}}. \tag{8}$$

В выражении (8), наряду с вышеупомянутыми обозначениями, дополнительно введены коэффициенты зна-

чимости каждого отдельного параметра G_i — c_i , ($i = 1, 2, \dots, m$). Значения величин этих коэффициентов характеризуют «вес» или значимость соответствующих параметров среды. Определение значений c_i может осуществляться различными способами [2, 5, 7], при этом действуют ограничения

$$c_i \geq 0; \sum_{i=1}^m c_i = 1; (i = 1, 2, \dots, m). \quad (9)$$

В выражении (8) также введен параметр z , значение которого определяет вариант величины МКЭП ($z = 1, 2, \dots$). На практике обычно используются два варианта $z = 1$ и $z = 2$, соответствующие линейной и квадратичной формам от величин КЭПов. Между ними имеет место соотношение $L_1 \geq L_2$, причем равенство имеет место в случае, когда $m = 1$. Рекомендации по выбору вариантов в конкретных ситуациях, соответствующие примеры и расчеты приведены в [5, 7]. Также в работе [10] приведен пример исследования изменений неоднородности температурного поля в объеме холодильной камеры на основе величины ЭП — Δ_e , которая является частным вариантом величины КЭП — L_Δ . Такое «упрощение» было обосновано тем, что в рассматриваемой ситуации эксплуатации камеры, базовое значение температуры оставалось неизменным, то есть $X_n = \text{const}$. На аппаратном уровне это обеспечивалось тем, что в процессе холодильного хранения продукции значение настройки регулятора температуры оставалось неизменным.

Использование понятий энтропийных потенциалов позволяет исследовать изменения неоднородности состава и свойств различных сред по количеству порождаемой при этом информации. В работах [5, 7, 14] показано, что,

количество информации I , порожденное изменением состояния неопределенности, может быть определено, в частности, через приращение величины энтропийного потенциала и его составляющих характеристик (K_e и σ), т. е.

$$I = \psi(\delta K_e; \delta \sigma). \quad (10)$$

Там же представлены варианты зависимостей (10) для нахождения значений величины I , в различных ситуациях. В работе [14] доказана теорема, где определены области применения отдельных вариантов для заданных уровней значимости.

Следует отметить, что применение «энтропийного» подхода к исследованию состояний неопределенности различных объектов оказывается продуктивным и получает все большее признание и распространение [5, 15–18] и, в частности, в пищевой промышленности [2, 10, 13, 19].

Заключение

Предложен подход к повышению эффективности контроля неоднородности состава и свойств различных сред. Данные решения основаны на использовании понятий и методов теории энтропийных потенциалов. При таком подходе неоднородность свойств объектов предлагается рассматривать, как состояния неопределенности в пространстве анализируемых параметров. Предлагаемые оценки неоднородности основаны на использовании типовых статистических характеристик, являются компактными, наглядными и удобными для практического использования. Они не противоречат существующим разработкам, а дополняют их возможности.

Литература

1. Кендал М., Стюарт А. Статистические выводы и связи. — М.: Наука, 1973. 897 с.
2. Лазарев В. Л. Исследование и проектирование многокомпонентных систем в биотехнологической промышленности в условиях неопределенности на основе энтропийных потенциалов показателей качества // Вестник Международной академии холода. 2017. № 2. С. 84–90.
3. Сиденко А. В., Попов Г. Ю., Матвеева В. М. Статистика: Учебник. — М.: Дело и сервис, 2000. 464 с.
4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. Для научных работников и инженеров. — М.: Наука, 1978. 832 с.
5. Мягкие измерения и вычисления. Монография. / Под ред. С. В. Прокопчиной. Том 1. Теоретические основы и методы. — М.: Научная библиотека, 2017. 420 с.
6. Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. — М.: Наука, 2006. 410 с.
7. Лазарев В. Л. Теория энтропийных потенциалов. Монография. — СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2012. 127 с.
8. 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

References

1. Kendal M., Styuart A. Statistical inference and communication. Moscow, Nauka, 1973. 897 p. (in Russian)
2. Lazarev V. L. Research and design of multicomponent systems in the biotechnology industry in the face of uncertainty based on entropy potential quality indicators. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2017. No 2. p. 84–90. (in Russian)
3. Sidenko A. V., Popov G. Yu., Matveeva V. M. Statistics: Tutorial. Moscow, Delo i servis, 2000. 464 p. (in Russian)
4. Korn G., Korn T. Handbook of mathematics. For scientists and engineers. Moscow, Nauka, 1978. 832 p. (in Russian)
5. Soft measurements and calculations. Monograph. / Under the editorship of S. V. Prokopchina. Vol. 1. Theoretical foundations and methods. Moscow, Nauchnaya biblioteka, 2017. 420 p. (in Russian)
6. Okhtilev M. Yu., Sokolov B. V., Yusupov R. M. Intellectual technologies of monitoring and control of structural dynamics of complex technical objects. Moscow, Nauka, 2006. 410 p. (in Russian)
7. Lazarev V. L. The theory of entropy potentials. Monograph. SPb.: Izd-vo Politekhnicheskogo un-ta, 2012. 127 p. (in Russian)
8. Lazarev V. L., Grakholskaya T. A., Travina E. A., Frolkov N. A. The use of the cognitive images of the States of the system in the parameter space entropy capacities for monitoring and management. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Protsessy*

- НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 4. С. 54–61.
9. Домбровский М. А., Буторина О. В. Анализ энтропийного потенциала инфраструктуры региона на примере Пермского края // Экономика и предпринимательство. 2015. № 5–1 (58-1). С. 305–310.
 10. Лазарев В. Л. Совершенствование управления с использованием характеристик энтропийных потенциалов. Адаптация к специфике биотехнологической промышленности // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 68–73.
 11. Кошевой О. С., Глебова Т. А., Чиркина М. А. Диагностика показателей концентрации распределения среднедушевых денежных доходов населения на основе энтропийного подхода. // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 2. С. 192–195.
 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. Благоевская М. М., Злобин Л. А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. — М.: Высшая школа, 2005. 768 с.
 14. Lazarev V. L. Representative information models for monitoring and control in the conditions of uncertainty// XVIII Intern. Confer. «SCM». 2015. IEEE. Pp. 54–57. DOI: 10.1109/SCM.2015.7190408.
 15. Прангишвили И. В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами. — М.: Наука, 2003. 428 с.
 16. Нечаев Ю. И., Петров О. Н. Хаотическая динамика странного аттрактора при эволюции нестационарного объекта в сложной динамической среде. // Морские интеллектуальные технологии. 2014. № 2. С. 43–50.
 17. Полосин В. Г., Бодин О. Н. Применение энтропийно-параметрического потенциала для мониторинга результатов электрофизиологических характеристик сердца. // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2015. № 4. С. 3–9.
 18. Бекаревич А. А. Обнаружение дефектов сложных конструкций на основе комплексирования информации многопараметрового неразрушающего контроля. // Цветные металлы. 2013. № 3. С. 82–88.
 19. Краснов А. Е., Красуля О. В., Большаков О. В., Шленская Т. В. Информационные технологии пищевых производств в условиях неопределенности. (Системный анализ управления и прогнозирования с элементами компьютерного моделирования). — М.: ВНИИМ, 2001. 496 с.
 20. *i apparaty pishchevykh proizvodstv*. 2015. No 4. p. 54–61. (in Russian)
 9. Dombrovskii M. A., Butorina O. V. Entropy analysis of infrastructure capacity of the region on the example of Perm Krai. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2015. No 5–1 (58-1). p. 305–310. (in Russian)
 10. Lazarev V. L. Management improvement using the characteristics of entropy potentials. Adaptation to the specifics of the biotechnology industry. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2016. No 4. p. 68–73. (in Russian)
 11. Koshevoi O. S., Glebova T. A., Chirkina M. A. Diagnostic concentration ratios of the distribution of per capita monetary incomes of the population on the basis of entropy approach. *Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo*. 2012. No 2. p. 192–195. (in Russian)
 12. Electrical measurement of non-electrical quantities. A. M. Turichin, P. V. Novitskiy, E. S. Levshina et al. / Under the editorship of P. V. Novitsky. Leningrad, Energiya, 1975. 576 p.
 13. Blagoveshchenskaya M. M., Zlobin L. A. Information technology systems of control of technological processes. Moscow, Vysshaya shkola, 2005. 768 p. (in Russian)
 14. Lazarev V. L. Representative information models for monitoring and control in the conditions of uncertainty// XVIII Intern. Confer. «SCM». 2015. IEEE. Pp. 54–57. DOI: 10.1109/SCM.2015.7190408.
 15. Prangishvili I. V. Entropy and other systemic patterns: Issues of management of complex systems. Moscow, Nauka, 2003. 428 p. (in Russian)
 16. Nechaev Yu. I., Petrov O. N. Chaotic dynamics strange attractor in the evolution of non-stationary object in complex dynamic environment. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*. 2014. No 2. p. 43–50. (in Russian)
 17. Polosin V. G., Bodin O. N. The use of entropy-parametric potential to monitor the results of the electrophysiological characteristics of the heart. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol'*. 2015. No 4. p. 3–9. (in Russian)
 18. Bekarevich A. A. Detection of defects in complex constructions based on the aggregation of information of multiparameter nondestructive testing. *Tsvetnye metally*. 2013. No 3. p. 82–88. (in Russian)
 19. Krasnov A. E., Krasulya O. V., Bol'shakov O. V., Shlenskaya T. V. Information technology for food production under conditions of uncertainty. (System analysis management and forecasting with a computer-assisted). Moscow, VNIIM, 2001. 496 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Лазарев Виктор Лазаревич

к.т. н., доцент кафедры теплофизики и теоретических основ тепло-хладотехники Университета ИТМО, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, holod25@yandex.ru

Богданов Павел Андреевич

магистрант кафедры теплофизики и теоретических основ тепло-хладотехники Университета ИТМО, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, pav710323@mail.ru

Information about authors

lazarev Viktor Lazarevich

Ph.D., associate professor of Department of Thermophysics and theoretical bases heating and refrigerating engineers of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, holod25@yandex.ru

Bogdanov Pavel Andreevich

undergraduate of Department of Thermophysics and theoretical bases heating and refrigerating engineers of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, pav710323@mail.ru

Петров Михаил Михайлович

магистрант кафедры теплофизики и теоретических основ тепло-хладотехники Университета ИТМО, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, strong.m.m@mail.ru

Томсон Кристиан Юлариевич

магистрант кафедры теплофизики и теоретических основ тепло-хладотехники Университета ИТМО, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, kris-tomson@mail.ru

Petrov Mikhail Mikhailovich

undergraduate of Department of Thermophysics and theoretical bases heating and refrigerating engineers of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, strong.m.m@mail.ru

Tomson Kristian Ularievich

undergraduate of Department of Thermophysics and theoretical bases heating and refrigerating engineers of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, kris-tomson@mail.ru

Памяти профессора Л.С. Тимофеевского



(20.06 1938 – 05.03 2018)

5 марта 2018 г. ушел из жизни заслуженный деятель науки и техники РСФСР, академик Международной академии холода, доктор технических наук, профессор ЛЕОНИД СЕРГЕЕВИЧ ТИМОФЕЕВСКИЙ.

Свою трудовую деятельность Леонид Сергеевич начал в 1961 г. после окончания ЛТИХП, работая инженером-конструктором на производстве, а затем на кафедре холодильных машин ЛТИХП в должности старшего инженера.

В 1964 г. Тимофеевский Л.С. был приглашен в Институт теплофизики СО АН СССР, где трудился до 1970 г. в отделе низкотемпературной энергетики на должности ведущего инженера, руководителя группы, главного конструктора и старшего научного сотрудника.

С 1970 г. по 1975 г. занимал должности старшего научного сотрудника, заведующего проблемной научно-исследовательской лабораторией, доцента Ленинградского горного института.

В 1975 г. Л.С. Тимофеевский вернулся в родной вуз и был принят на кафедру холодильных машин в качестве старшего научного сотрудника. Кандидатскую диссертацию защитил в 1967 г., докторскую – в 1986 г. В 1979

г. ему были присвоены звания доцента, а в 1989 г. – профессора.

В 1988 г. профессор Тимофеевский Л.С. был назначен деканом факультета холодильной техники и проработал на этой должности до 2006 г. В 1991 г. Леонид Сергеевич был избран на должность заведующего кафедрой холодильных машин и низкопотенциальной энергетики, которой руководил до 2009 г.

Леонид Сергеевич был выдающимся ученым, крупнейшим специалистом с мировым именем в области теплоиспользующих холодильных машин и абсорбционных термотрансформаторов, передавал молодежи свой богатый опыт научно-исследовательской и педагогической работы в области изучения термодинамических процессов и процессов переноса в абсорбционных холодильных машинах и термотрансформаторах. Тимофеевский Л.С. автор свыше 180 работ, в т.ч. 40 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Под руководством Леонида Сергеевича было издано 3 базовых учебника «Холодильные машины», ряд учебных пособий, монографий. Им было подготовлено 26 кандидатов и 5 докторов технических наук.

За достигнутые успехи в работе, профессору Тимофеевскому Л.С. было присвоено почетное звание лауреата премии Правительства РФ в области науки и техники, он был награжден орденом Почета. В Тяньзиньском коммерческом университете (КНР) Тимофеевский Л.С. был избран «Почетным профессором».

Леонид Сергеевич был грамотным руководителем, великолепным товарищем, всегда проявлял заботу о своих сотрудниках, аспирантах и студентах. Память о Леониде Сергеевиче Тимофеевском навсегда сохранится в наших сердцах!

*Коллектив сотрудников Университета ИТМО,
Президиум Международной академии холода и редакция журнала «Вестник МАХ»
выражают искренние соболезнования родным и близким Л.С. Тимофеевского*