прикладная

ИНФОРМАТИК@

научно-практический журнал

№ 3(51) 2014

Май-июнь

ISSN 1993-8314

Московский финансово-промышленный университет «Синергия»

С 19 февраля 2010 года журнал включен в Перечень ведущих периодических изданий, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных исследований.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор

Емельянов А. А., докт. экон. н., проф., Национальный исследовательский университет «МЭИ»; Национальное общество имитационного моделирования, Санкт-Петербург

Сопредседатели редакционного совета

Рубин Ю. Б., докт. экон. н., проф., чл.-корр. РАО, ректор МФПУ «Синергия», зав. кафедрой Теории и практики конкуренции

Мешалкин В. П., докт. техн. н., проф., чл.-корр. РАН, Директор Института логистики ресурсосбережения и технологической инноватики, РХТУ им. Д. И. Менделеева

Члены редакционного совета

Амбросов Н. В., докт. экон. н., проф., зав. кафедрой Информатики и кибернетики, БГУЭФ (Иркутск)

Багриновский К. А., докт. экон. н., проф., зав. лабораторией Имитационного моделирования, ЦЭМИ РАН

Бендиков М. А., докт. экон. н., проф., зав. кафедрой ИУиМ МФПУ «Синергия», вед. научн. сотр. ЦЭМИ РАН

Брекис Эд., Dr. Oec., доцент, зав. кафедрой Эконометрики и бизнес-информатики, факультет Экономики и Управления, Латвийский Университет, Рига, Латвия

Бугорский В. Н., канд. экон. н., проф., кафедра ВТиП, СПбГЭУ

Волкова В. Н., докт. экон. н., проф., кафедра Информационных систем в экономике и менеджменте, СПбГПУ

Дик В. В., докт. экон. н., проф., зав. кафедрой ИМиЭК МФПУ «Синергия»

Диго С. М., канд. экон. н., проф., отв. за работу с авторизованными учебными центрами и образовательными учреждениями, Компания «1С», Москва

Дли М. И., докт. техн. н., проф., зав. кафедрой МИТЭ, зам. директора Филиала НИУ «МЭИ» в Смоленске

Дови'В., Dr of Physics, Полный профессор теории развития процессов, Университет Генуи, Италия

Клемеш Йржи, Dr, проф., Факультет IT Исследовательского института химии и инженерии процессов, Паннония Университет, Вéспрем, Венгрия

Козлов В. Н., докт. техн. н., проф., зав. кафедрой Системного анализа и управления, СПбГПУ

Коршунов С. В., канд. техн. н., проф., проректор МГТУ им. Н. Э. Баумана

Милош М., PhD, проф., зам. директора Института компьютерных наук, Люблинский Технологический Университет, Люблин, Польша

Павловский Ю. Н., докт. физ.-мат. н., проф., чл.-корр. РАН, зав. отделом Имитационных систем, ВЦ им. А. А. Дородницына РАН

Потёмкин А. И., докт. техн. н., зав. кафедрой Корпоративного управления и электронного бизнеса, РГУТиС, Московская обл. (п. Черкизово)

Праузелло Фр., PhD, Полный профессор международной экономики, директор Департамента Экономики и Финансов, Университет Генуи, Италия

Пузанков Д. В., докт. техн. н., проф., зав. кафедрой Вычислительной техники, СПбГЭУ «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова

Пуйджанер Л., Dr, проф., директор Центра процессов и технологий воздействия на окружающую среду, Политехнический Университет Каталонии, Барселона, Испания

Росс Г. В., докт. экон. н., докт. техн. н., проф., зам. директора ВНИИ ПВТИ

Сухомлин В. А., докт. техн. н., проф., зав. лабораторией Открытых информационных технологий, факультет ВМК, МГУ им. М. В. Ломоносова

Халин В. Г., докт. экон. н., проф., зав. кафедрой Информационных систем в экономике, Экономический факультет СПбГУ

Хубаев Г. Н., докт. экон. н., проф., зав. кафедрой Экономической информатики и автоматизации управления РГЭУ (РИНХ, Ростов-на-Дону)

Чистов Д. В., докт. экон. н., проф., зав. кафедрой Информационных технологий, Финансовый университет при Правительстве РФ

Шориков А. Ф., докт. физ.-мат. н., проф., главн. научн. сотр. Центра экономической безопасности Института экономики Уральского отделения РАН (Екатеринбург)

Штельцер Д., Dr, проф., Департамент информации и управления знаниями, Факультет Экономики, Технологический Университет Ильменау, Тюрингия, Германия

Заместители главного редактора

Власова Е. А., научная редакция МФПУ «Синергия»

Прокимнов Н. Н., канд. техн. н., доцент, кафедра Информационных систем, МФПУ «Синергия»

IT-бизнес

Информационные системы бизнеса

А. И. Волков, Л. А. Рейнгольд
Открытые данные: проблемы и решения 5

О. А. Жданович
Система обеспечения бизнес-процессов расходными материалами на основе облачных технологий. 13

IT-менеджмент

Управление эффективностью

В. Н. Бугорский, Е. В. Стельмашонок, В. Л. Стельмашонок
Графоаналитические модели в оценке структуры информационной системы предприятия 21

О. П. Култыгин
Интегрированная обработка маршрутов машиниста 30

Управление проектами

В. Н. Волкова, Б. Д. Микеладзе
Разработка информационной инфраструктуры управления проектированием многофункционального комплекса. 37

IT и образование

Образовательное пространство

А. Ф. Антипин
Организация эффективной работы преподавателей в условиях рейтинговой системы обучения 48

Инструментальные средства

Эффективные алгоритмы

А. В. Цыганков, И. А. Цыганкова
Классификация объектов с использованием метода ранжирования и генетического алгоритма . . .60

В. И. Гнатюк, А. А. Шейнин
Методика определения оптимальных норм электропотребления 68

Сетевые технологии

Ю. Н. Лавренков, Л. Г. Комарцова
Анализ характеристик канала передачи информации на основе нейронной сети 79

Simulation

Теория и практика

И. З. Мухаметзянов, В. П. Мешалкин
Имитационная многоагентная нечетко-логическая модель принятия маркетинговых решений промышленного предприятия в условиях неопределенности. 100

Лаборатория

Системы поддержки принятия решений

Е. М. Ремезова, В. Г. Чернов
Модель поддержки принятия решения при планировании проекта внедрения КИС на основе нечетких множеств второго порядка . . .110

В преподавательский портфель

Экономико-математические модели

С. В. Харитонов, С. В. Плясова
Методика анализа факторов стоимости интернет-сайта средствами MS Excel 119

Вопросы теории

Модели и методики

А. А. Любомудров
Подход к определению принадлежности функций алгебры логики к классу линейных функций 124

Точка зрения

Методология науки

Л. С. Болотова, А. П. Новиков, А. А. Никишина
Архитектура оболочек программных систем с порождающими механизмами 129

История специальности

Становление информатики

К 110-летию В. И. Сифорова
Определение понятия «информатика» должно базироваться на практической работе с информацией 137

applied
INFORM@TICS
Peer-reviewed scientific journal

№ 3(51) 2014

ISSN 1993-8314

May-June

Moscow University of Finance and Industry (MUFI) «Sinergy»

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief

A. Emelyanov, Dr of Economics, Professor, National Research University MPEI; Executive board member of NC «National Society for Simulation Modelling», St. Petersburg

Co-Chairs of the Editorial Board

Yu. Rubin, Dr of Economics, Professor, Corresponding Member of the Russian Education Academy, Head of the Theory and Practice of Competition Chair, Rector of the Moscow University of Finance and Industry (MUFI) «Sinergy»

V. Meshalkin, Dr of Technique, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences (RAS), Director of the Institute of Logistics and Resource Technology Innovation, D. Mendeleyev University of Chemical Technology of Russia, Moscow

Members of the Editorial Board

N. Ambrosov, Dr of Economics, Professor, Head of the Informatics and Cybernetics Chair, Baikal State University of Economics and Law (Irkutsk)

K. Bagrinovsky, Dr of Economics, Professor, Head of The simulation and economic objects interaction Laboratory, CEMI RAS

M. Bendikov, Dr of Economics, Professor, Head of The Innovation Management and Modeling Chair, MUFI «Sinergy»; Leading researcher of the CEMI RAS

Edgars Brēķis, Dr. oec., Asoc. professor, Head of the Econometrics and Business Informatics Department, Faculty of Economics and Management, University of Latvia

V. Bugorsky, PhD in Economics, Professor, The Computers and Programming Chair, St. Petersburg State Economic University

D. Chistov, Dr of Economics, Professor, Head of The IT Chair, Finance University under the Government of Russia

V. Dick, Dr of Economics, Professor, Head of The Information Management and Electronic Commerce Chair, MUFI «Sinergy»

S. Digo, PhD in Economics, Professor, Account Manager, Authorized Training Centers and Educational Institutions, «1C» Company, Moscow

M. Dli, Dr of Technique, Professor, Head of The MITE Chair, Deputy Director of the National Research University MPEI Branch in Smolensk

Vincenzo Dovi', Dr of Physics, Full Professor of Process's Development Theory, University of Genoa, Italy

V. Hulin, Dr of Economics, Professor, Head of The Economic Information Systems Department, St. Petersburg State University

G. Khubayev, Dr of Economics, Professor, Head of the EI&AC Chair, Rostov State Economic University (Rostov-on-Don)

Jiří Klemeš, Dr, Professor, Faculty of IT in Research Institute of Chemical and Process Engineering, University of Pannonia, Veszprem, Hungary

S. Korshunov, PhD in Technique, Professor, Bauman Moscow State Technical University, Vice-rector

V. Kozlov, Dr of Technique, Professor, Head of the SA&C Chair, St. Petersburg State Polytechnical University

Marek Miłosz, PhD, Professor, Lublin University of Technology, The Institute of Computer Science, Vice-director, Lublin, Poland

Yu. Pavlovsky, Dr of Physics & Mathematics, Professor, Corresponding Member of RAS, Head of The Simulation Department, Dorodnitsyn Computing Centre of RAS

A. Potyomkin, Dr of Technique, Professor, Head of The CG&E-Business Chair, Russian State University of Tourism and Service, Moscow region (Cherkizovo town)

Franco Praussello, PhD, Full professor of International Economics, Director of The Economic and Financial Sciences Department, University of Genoa, Italy

Luis Puigjaner, Dr, Profeccor, Universitat Politècnica de Catalunya, The Centre for Process & Environmental Engineering, Director, Barcelona, Spain

Dm. Puzankov, Dr of Technique, Professor, Head of The Computer Engineering Chair, St. Petersburg Electrotechical University «LETI»

G. Ross, Dr of Economics, Doctor of Technique, Professor, Deputy Director of The All-Russian Institute for Computer Facilities and Informatization

A. Shorikov, Dr of Physics & Mathematics, Professor, Senior Researcher, Economic Security Center, Institute of Economy RAS (Ekaterinburg)

V. Sukhomlin, Dr of Technique, Professor, Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, Lomonosov Moscow State University

Dirk Stelzer, Dr, Professor, The Faculty of Economics, Department of Information and Knowledge Management, Ilmenau University of Technology (TU Ilmenau), Germany

V. Volkova, Dr of Economics, Professor, The Information Systems in Economics and Management Chair, St. Petersburg State Polytechnical University

Deputy Chief Editors

E. Vlasova, Scientific Edition Department, MUFI «Sinergy»

N. Prokimnov, PhD, Associate Professor, the Information Systems Chair, MUFI «Sinergy»

IT business

Business information systems

A. Volkov, L. Reingold
Open data: problems and solutions 5

O. Zhdanovich
Providing business processes
with consumables based
on cloud technologies. 13

IT management

Performance management

V. Bugorsky, E. Stelmashonok, V. Stelmashonok
Evaluating the enterprise information system
structure using graph-analytical models. 21

O. Kultygin
Integrated information system
for mashinists' route sheets processing 30

Project management

V. Volkova, B. Mikeladze
Information infrastructure development
for multifunctional complex design control 37

IT and education

Educational environment

A. Antipin
Effective teachers' operation in rating
training system environment 48

Tools

Algorithmic efficiency

A. Tsygankov, I. Tsygankova
Classification of biological objects
using ranking method and genetic algorithm 60

V. Gnatyuk, A. Sheynin
Determinig the optimal rates
of electrical power consumption. 68

Network technologies

Yu. Lavrenkov, L. Komartsova
Analysis of the data transmission channel
characteristics using neural network 79

Simulation

Theory and practice

I. Mukhametzyanov, V. Meshalkin
Simulation multiagent fuzzy logic model
for industrial companies marketing
decision making under uncertainty. 100

Laboratory

Decision support systems

E. Remezova, V. Chernov
Decision support model while planning
corporate information sytems
implementation based on second order
fuzzy sets 110

Teacher's portfolio

Mathematical models in economy

S. Kharitonov, S. Plyasova
Allocation and justification of website
cost factors using MS Excel 119

Theoretical approach

Models and methods

A. Lyubomudrov
The approach to definition
of algebra logical functions belonging
to linear functions class 124

Point of view

Methodology of science

L. Bolotova, A. Novikov, A. Nikishina
Generating mechanisms in architecture
of software system shell (part 1) 129

History of specialty

Establishing informatics

On the 110th anniversary of V. Siforov
The notion of «informatics»
should be based on information
handling practice 137

В. И. Гнатюк, *докт. техн. наук, профессор Калининградского государственного технического университета, mail@gnatukvi.ru*

А. А. Шейнин, *канд. техн. наук, научный сотрудник Калининградского государственного технического университета, sheynin@mail.ru*

Методика определения оптимальных норм электропотребления

В статье представлен предельный алгоритм нормирования на инфраструктурном объекте (организации) Калининградской области. Дано описание основных этапов методики нормирования, основанной на предельном алгоритме, представлены экспериментальная проверка и экономическая оценка методики. Для реализации методики нормирования разработана программа в системе MatLab. Приведены результаты экспериментальной проверки и экономической оценки методики. Для инфраструктурного объекта за последние пять лет предельный алгоритм превосходит отдельно взятые методы нормирования, как правило, на 50–80%. Минимальное зарегистрированное отклонение составляет 16,5%. Разработанная методика нормирования использовалась для составления программы нормирования ЭП подразделений инфраструктурного объекта на перспективу 6 лет.

Ключевые слова: нормирование, предельный алгоритм, ранговый анализ, кластерный анализ, энергосбережение, инфраструктурный объект, оптимальное управление электропотреблением.

Введение

В программных документах социально-экономического развития страны на ближайшую перспективу выдвигаются требования эффективного использования топливно-энергетических ресурсов, согласно которым к 2020 г. энергоемкость ВВП должна быть снижена на 40% [1]. В то же время ряд регионов России с начала 2010 г. испытывает дефицит электрической мощности, вызванный выводом из эксплуатации электрических станций, выработавших парковый ресурс, а также выходом промышленности из мирового финансового кризиса. По оценкам экспертов, износ основных фондов российской энергетики составляет порядка 70%. Кроме того, продолжается рост тарифов на электроэнергию, что объясняется мировой динамикой роста цен на энергоносители [6].

Проблема энергосбережения актуальна и для инфраструктурного объекта (ИО), который находится на территории Калининградской области. Отдельными направлениями развития инфраструктурного объекта являются снижение затрат на содержание и внедрение энергосберегающих технологий. Наблюдается противоречие между неуклонным ростом технической оснащенности, увеличением затрат на электроэнергию (ЭЭ), жесткой финансовой политикой, направленной на целевое расходование средств, с одной стороны, и низкой эффективностью работ по внедрению автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ), нормированию и планированию электропотребления (ЭП), с другой.

В настоящее время вопросы энергосбережения регламентированы Федеральным законом от 23 ноября 2009 г. №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» [2]. Согласно Закону с 1 января 2010 г. главные

распределители бюджетных средств осуществляют планирование бюджетных ассигнований на основании данных об объеме фактически потребленных бюджетными учреждениями в 2009 г. ресурсов, и при этом в течение пяти лет должны уменьшать объем на 3%. Таким образом, для исследуемого объекта, находящегося на территории Калининградской области, необходимо снизить объем потребления электроэнергии в 2014 г. на 15% по сравнению с 2009 г. Если в целом снижение ЭП в год на 3% для всего инфраструктурного объекта имеет смысл, то снижение ЭП на 3% в год одинаково для всех подразделений инфраструктурного объекта нецелесообразно. Для одних подразделений это снижение может повлечь сбои в работе, а другие, наоборот, обладают большим потенциалом снижения ЭП. Следовательно, при снижении ЭП объектов на 3% в год, с одной стороны, необходимо учитывать интегральные свойства всего инфраструктурного объекта, а с другой — индивидуальные особенности отдельно взятых подразделений [6].

В связи с этим возникла необходимость в научном подходе к нормированию ЭП подразделений инфраструктурного объекта, в состав которого входит 68 электрохозяйств и затраты которого на электроэнергию в последние годы значительно выросли [5].

Предельный алгоритм нормирования

Проведенный анализ особенностей техноценологических и классических методов нормирования показал, что в настоящее время нормирование ЭП инфраструктурных объектов имеет два основных недостатка: классические методы нормирования не учитывают системных свойств подразделений инфраструктурного объекта, техноценологические — индивидуальных свойств подразделений. Для устранения данных недостатков авторами разработаны:

1) предельный алгоритм нормирования, учитывающий особенности классического и техноценологического подходов; 2) методика нормирования, сочетающая положительные стороны обоих подходов [5].

Нормирование ЭП подразделений инфраструктурного объекта осуществляется в рамках рангового анализа, под которым понимается метод исследования больших технических систем (техноценозов) путем построения ранговых распределений системных показателей на основе статистического анализа с возможностью их последующей оптимизации. На базе стандартных процедур рангового анализа (рис. 1) авторами разработана методика оптимального управления ЭП техноценоза. Для повышения точности стандартных процедур разработаны специальные процедуры, реализующие верификацию, дифлекс, GZ- и ASR-анализ (Adding System Resource). В качестве одного из вариантов реализации ASR-анализа впервые предлагается предельный алгоритм нормирования (ПАН), позволяющий получать значение предельной нормы ЭП [8] с использованием линейной комбинации результатов нормирования отдельными методами, оптимизации вторичных норм по критерию качества нормы, а также уточнения по ASR-отклонению.

Процесс нормирования ЭП объектов техноценоза с помощью ПАН включает следующие этапы (рис. 2):

1) определение границ переменного доверительного интервала (ПДИ, построенного относительно кривой аппроксимации распределения);

2) нормирование ЭП всеми имеющимися в распоряжении методами применительно к каждому объекту;

3) вычисление взвешенных норм с помощью линейной комбинации;

4) реализация оптимизационного процесса и определение лучших вторичных норм;

5) уточнение лучших вторичных норм по ASR-отклонению;

6) получение предельных норм.

В начале работы ПАН из базы данных выделяется ряд информационных подсистем (рис. 3). Фактические известные данные по ЭП в последнем известном временном

Рис. 1. Стандартные и тонкие процедуры рангового анализа

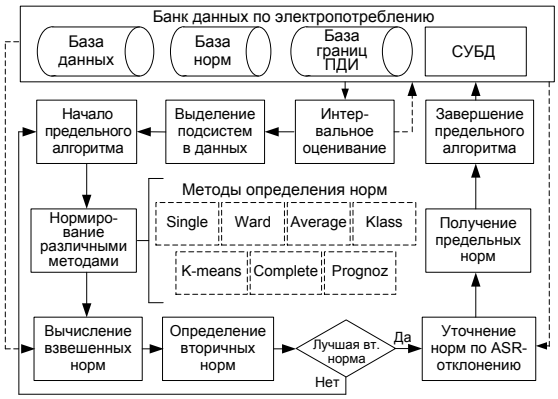


Рис. 2. Основные этапы предельного алгоритма нормирования

интервале (час, сутки, месяц, год) составляют «Вектор верификации», который выделяется из базы данных для оценки качества получаемых норм. Все остальные известные данные за прошедшие временные интервалы образуют «Матрицу данных». Нормы ЭП на будущем временном интервале определяются как «Вектор нормирования».

Нормирование электропотребления техноценоза при реализации ПАН во многом зависит от показателя качества нормы. Под качеством нормы понимается точность процедуры нормирования по критерию близости полученной нормы к нижней границе ПДИ, построенной применительно к вектору верификации (рис. 4).

Понятие качества нормы основывается на понимании того, что, с одной стороны, норма должна понуждать объекты к снижению ресурсопотребления, и поэтому чем она ниже, тем лучше. Однако, с другой стороны, норма не может опускаться ниже величины, соответствующей значению на нижней границе ПДИ для данного ранга. В противном случае соблюдение нормы приведет к нарушению нормального функционирования оборудования, установленного на объекте.

Для оценки качества нормирования используются данные, зарезервированные в векторе верификации. Показатель качества нормы ЭП может быть оценен величиной абсолютного или относительного отклонения от нижней границы ПДИ:

$$\begin{cases} \Delta\overline{W}_k^a = \left|\overline{W}_k - W_k^-\right|; \\ \Delta\overline{W}_k^o = \dfrac{\left|\overline{W}_k - W_k^-\right|}{W_k}, \end{cases} \qquad (1)$$

Ранг	Электропотребление объектов по временным интервалам, кВт·ч в год										
	…	t – 8	t – 7	t – 6	t – 5	t – 4	t – 3	t – 2	t – 1	t	t +1
1		W_{18}	W_{17}	W_{16}	W_{15}	W_{14}	W_{13}	W_{12}	W_{11}	W_{10}	?
2	…		W_{27}	W_{26}	W_{25}	W_{24}	W_{23}	W_{22}	W_{21}	W_{20}	?
3	…	W_{38}		W_{36}						W_{30}	?
4	…	W_{48}	W_{47}		W_{45}	W_{44}	W_{43}	B	W_{41}	W_{40}	?
5	…	W_{58}	W_{57}	W_{56}							?
6	…	W_{68}	W_{67}	W_{66}			W_{63}	W_{62}	W_{61}	W_{60}	?
7	…	W_{78}	W_{77}	W_{76}	W_{75}			W_{72}	W_{71}	W_{70}	?
……	…	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
n–1	…	$W_{(n-1)8}$	$W_{(n-1)7}$	$W_{(n-1)6}$	$W_{(n-1)5}$	$W_{(n-1)4}$	$W_{(n-1)3}$		$W_{(n-1)1}$	$W_{(n-1)0}$	?
n	…	W_{n8}	W_{n7}	W_{n6}	W_{n5}	W_{n4}	W_{n3}	W_{n2}	W_{n1}	W_{n0}	?

Вектор верификации

Вектор нормирования

Матрица данных

Рис. 3. База данных объектов по ЭП

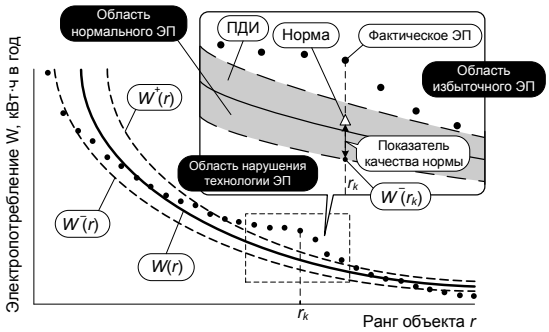


Рис. 4. К вопросу качества нормы ЭП

где $\Delta\overline{W}_k^a$ — абсолютный показатель качества нормы ЭП k-го объекта техноценоза;
$\Delta\overline{W}_k^o$ — относительный показатель качества нормы;
$\overline{W}_k$ — норма ЭП;
W_k — эмпирическое значение ЭП;
$W(r)$ — аппроксимационная кривая рангового распределения;
W_k^- — значение ЭП, соответствующее k-му рангу на нижней границе ПДИ.

На первом этапе предельного алгоритма выполняется процедура интервального оценивания. В качестве источника данных используется база данных по ЭП за 10–15 предшествующих лет (рис. 3). Интервальное оценивание позволяет определить границы ПДИ для вектора верификации. Нижняя граница ПДИ — гиперболическая кривая, полученная в результате аппроксимации нижних границ доверительных интервалов, рассчитанных для каждого из рангов рангового параметрического распределения для значения доверительной вероятности 95% (рис. 5). Нижняя граница ПДИ, построенная для вектора верификации, в последующем используется для оценки качества норм, полученных на основе матрицы данных.

Следующим этапом предельного алгоритма является нормирование. Для реализации предельного алгоритма нормирования использовалась программа Matlab-R2008a. В исследованиях применялись техноценологические и классические методы нормирования. Техноценологические методы реализуются при помощи кластерного анализа, в частности, используются методы: «Single» (ближнего соседа), «Average» (средней связи), «Complete» (дальнего соседа), «Ward» (Варда) и «K-means» (K-средних) [4]. Классические методы реализуются на основе определения удельных норм «Klass» и прогнозных норм «Prognoz». Следует отметить, что ПАН позволяет оперативно интегрировать в себя любые доступные методы, в том числе и вновь разрабатываемые (рис. 6).

В статье приведен пример реализации метода «K-means» (K-средних). В начале расчетов значения по электропотреблению за последний известный год исследования импортируются из общей базы данных (рис. 7). Далее реализуется функция KMEANS с предполагаемым числом кластеров 10 и мерой в виде квадрата евклидова расстояния между объектами. Визуализация результатов анализа выполняется с помощью специального силуэтного графика, показывающего плотность расположения точек в каждом кластере (рис. 8).

Из рисунка 8 видно, что многие точки в кластерах имеют значения силуэта, большие 0,8, что свидетельствует о хорошей четкости разделения кластеров. В то же время каждый кластер содержит и точки с малыми значениями силуэта, показывающими их близость к соседним кластерам. А в полученном векторе значений «cmeans» сосредотачиваются средние значения всех десяти классов (рис. 9).

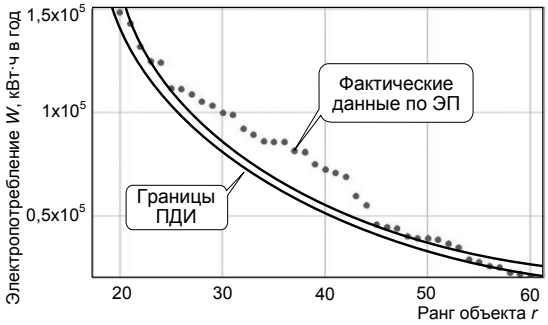


Рис. 5. Построение границ ПДИ

Методы нормирования

	Kmeans	Single	Average	Complete	Ward	Klass	Prognoz
1	271700	271700	256563	256563	299929	469238	271700
2	271700	271700	256563	256563	299929	427731	271700
3	271700	271700	256563	256563	299929	[illegible]	[illegible]
4	271700	271700	256563	256563	299929	[illegible]	[illegible]
5	271700	271700	256563	256563	299929	279128	256563
6	271700	271700	256563	256563	299929	254071	256563
7	271700	271700	256563	256563	299929	228602	256563
8	176094	202584	256563	256563	152563	197888	176094
9	[illegible]	[illegible]	256563	256563	152563	191888	176094
10	176094	63264	100920	108643	152563	167568	176094
11	176094	63264	100920	108643	152563	161147	100920

Нормы

Ранг

Рис. 6. Фрагмент базы данных норм

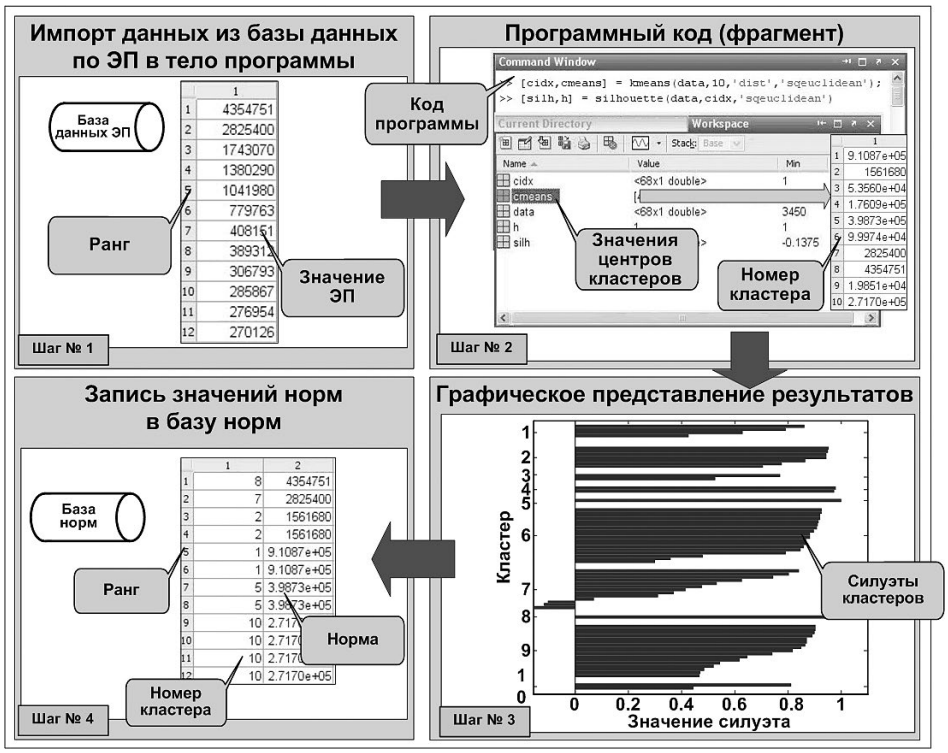


Рис. 7. Порядок реализации метода «Kmeans»

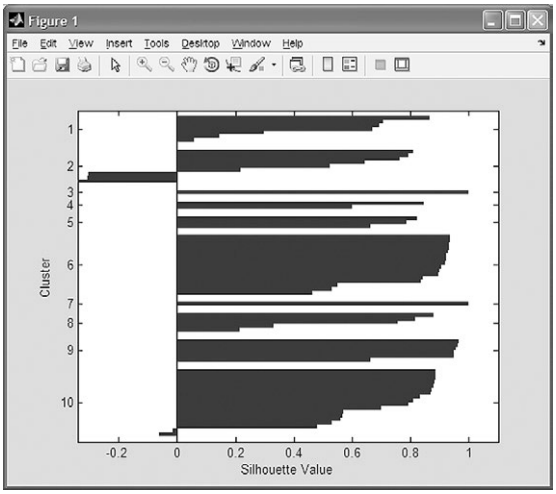


Рис. 8. Характеристики 10 кластеров метода «Kmeans»

Далее средние значения кластеров присваиваются всем рангам (в соответствии с принадлежностью рангов к кластерам). Присвоение осуществляется с помощью подпрограммы Matlab-R2008a — «1. All cluster

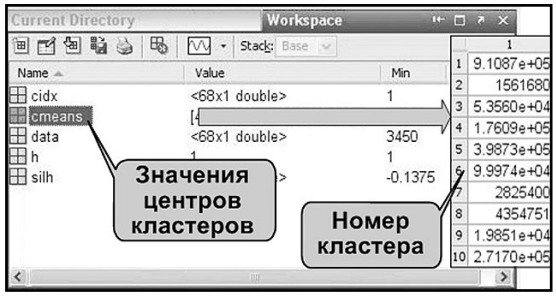


Рис. 9. Распределение рангов по кластерам

analisys (k-means).m». Результаты присвоения рангам средних значений кластеров представлены на рис. 10.

Результаты реализации метода *k*-средних представлены на рис. 11. Нормы, полученные с помощью метода *k*-средних, для дальнейших расчетов записываются в базу норм.

После нормирования рассчитываются весовые коэффициенты слагаемых линейной комбинации для определения взвешенных норм ЭП. Полученная на этапе норми-

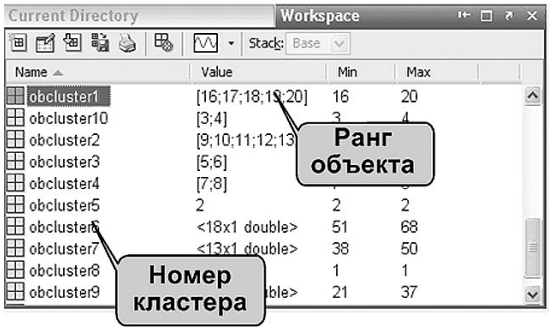
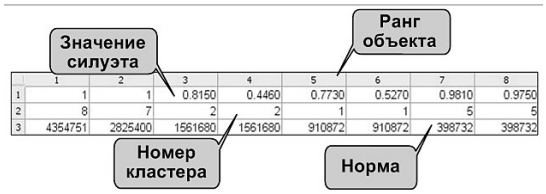


Рис. 10. Распределение рангов по кластерам



	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	0.8150	0.4460	0.7730	0.5270	0.9810	0.9750
2	8	7	2	2	1	1	5	5
3	4354751	2825400	1561680	1561680	910872	910872	398732	398732

Рис. 11. Результаты метода *k*-средних

рования совокупность норм оценивается по критерию близости к нижней границе ПДИ, построенного применительно к вектору верификации. На основе оценок норм формируется матрица весовых коэффициентов методов нормирования. При этом применяется алгоритм расчета, реализующий принцип предпочтения: чем лучше норма, полученная данным методом, тем выше его весовой коэффициент (сумма последних для объекта равна единице). Затем применительно к каждому объекту реализуется линейная комбинация, позволяющая получить наилучшую норму ЭП для данного объекта техноценоза на данном временном интервале (рис. 12).

Для расчета весовых коэффициентов методов нормирования необходимо предварительно определить отклонения значений норм от значений на нижней границе ПДИ. При этом используется абсолютный показатель качества нормирования ЭП *k*-го объекта техноценоза

$$\Delta\overline{W}_k^{ai} = \left|\overline{W}_k^i - W_k^-\right|, \qquad (2)$$

где $\overline{W}_k^i$ — норма, полученная i-м методом для *k*-го объекта;

W_k^- — значение, соответствующее *k*-му рангу на нижней границе ПДИ, $k=1,\ldots,N$, где N — общее число объектов.

Веса, назначаемые *i*-м методам нормирования для *k*-го объекта техноценоза, находятся с помощью следующих выражений:

$$\begin{cases} V_k^i = G_k^i \Big/ \sum\limits_{j=1}^{q} G_k^j; \\ G_k^i = 1 - \Delta\overline{W}_k^{ai} \Big/ \sum\limits_{j=1}^{q} \Delta\overline{W}_k^{aj}; \\ \sum\limits_{i=1}^{q} V_k^i = 1, \end{cases} \qquad (3)$$

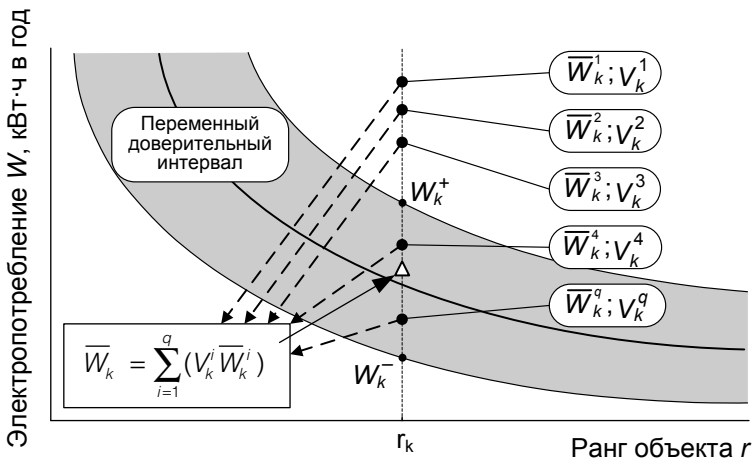


Рис. 12. Линейная комбинация методов нормирования

где V_k^i — вес i-го метода нормирования для k-го объекта;
q — общее количество реализуемых методов нормирования;
j — вспомогательный формальный индекс суммирования, $j = 1,\ldots,.q$.

В итоге для каждого объекта получается взвешенная норма

$$\overline{W}_k = \sum_{i=1}^{q} (V_k^i \cdot \overline{W}_k^i), i = 1,\ldots, n. \qquad (4)$$

Далее нормы уточняются вторичным нормированием с последующей оптимизацией (рис. 14), под которой понимается итерационный процесс определения лучшей вторичной нормы по критерию минимальной близости к нижней границе ПДИ. На каждом последующем шаге итерации используется норма, полученная на предыдущем шаге. Процесс повторяется до тех пор, пока значение вторичной нормы не приблизится максимально близко к нижней границе ПДИ. Полученное итоговое значение называется лучшей вторичной нормой:

$$\overline{W}_{k\,ext}^{vt} = \overline{W}_{k\min}^{vt},\ k = 1, \ldots, n, \qquad (5)$$

где $\overline{W}_{k\,ext}^{vt}$ — лучшая вторичная норма k-го объекта;
$\overline{W}_{k\min}^{vt}$ — вторичная норма, имеющая минимальное отклонение от нижней границы ПДИ.

Условие (5) выполняется при минимизации разницы между вторичной нормой k-объекта и значением на нижней границе ПДИ:

$$\Delta\overline{W}_k^a = \left|\overline{W}_k^{vt} - W_k^-\right| \to \min,\ k = 1,\ldots, N, \qquad (5)$$

где $\overline{W}_k^{vt}$ — вторичная норма k-го объекта, полученная на n-й итерации оптимизационного процесса;
W_k^- — значение, соответствующее k-му рангу на нижней границе ПДИ;
N — общее число объектов.

Процесс вторичного нормирования относится к типу безусловных задач одномерной оптимизации, которая реализуется в соответствии с критерием (5).

Алгоритм последовательно включает два цикла, первый из которых предназначен для формирования базы вторичных норм объектов, а второй — для фиксации лучшей вторичной нормы по каждому объекту.

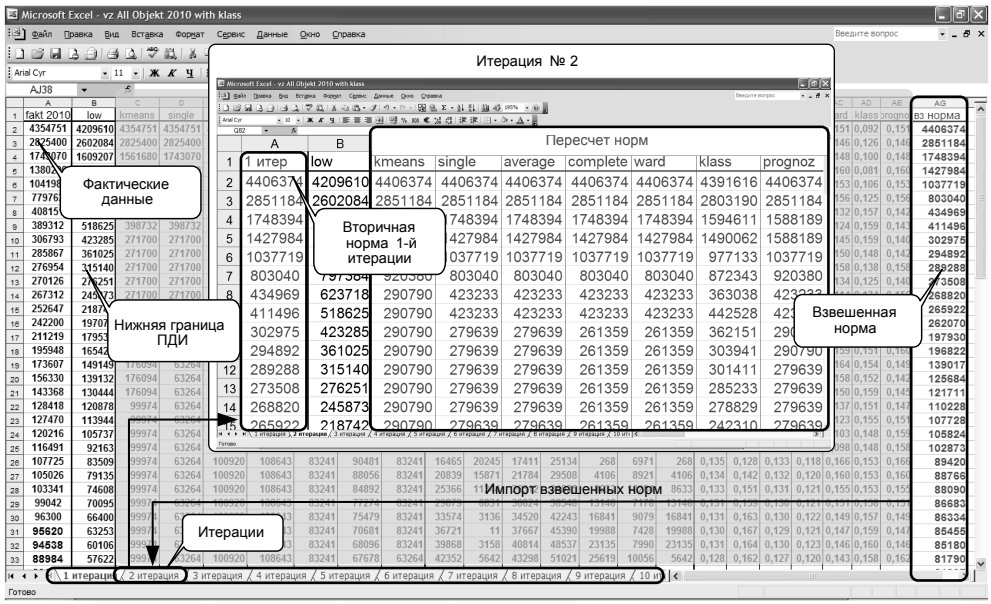


Рис. 13. Порядок реализации оптимизационного процесса

На заключительном этапе выполнения предельного алгоритма осуществляется дополнительное уточнение норм ЭП, производится только для объектов, лучшие вторичные нормы которых выходят за границы ПДИ и образуют совокупность так называемых «аномальных норм».

Реализация уточняющей процедуры заключается в вычитании (или добавлении) из лучшей вторичной нормы, соответствующей ее рангу *ASR*-отклонения, под которым понимается отклонение лучшей вторичной нормы от значения нижней или верхней границы ПДИ (в зависимости от того, где расположена лучшая норма) с учетом коэффициента управляющего воздействия. Чем больше *ASR*-отклонение, тем больше коэффициент управляющего воздействия. Таким образом, при реализации вычислительных процедур данного этапа предельного алгоритма значение лучшей вторичной нормы *k*-го объекта увеличивается или уменьшается на величину *ASR*-отклонения, умноженную на коэффициент управляющего воздействия (рис. 14). В итоге получается предельная норма ЭП (она же — результирующая *ASR*-норма) для *k*-го объекта техноценоза с учетом лучшей вторичной нормы, *ASR*-отклонения и коэффициента управляющего воздействия:

$$\overline{W}_k^{ASR} = \overline{W}_k^{pr} = \overline{W}_{k\,ext}^{vt} \mp \Delta_k^{ASR} K_{\text{yk}}, \qquad (6)$$

где $\overline{W}_k^{ASR}$ — результирующая норма ЭП, полученная для *k*-го объекта;

$\overline{W}_k^{pr}$ — предельная норма *k*-го объекта;

$\overline{W}_{k\,ext}^{vt}$ — лучшая вторичная норма, полученная по результатам оптимизационного процесса;

Δ_k^{ASR} — ASR-отклонение, рассчитанное для *k*-го объекта;

K_{yk} — коэффициент управляющего воздействия *k*-го объекта.

В выражении (7) знак «минус» ставится в том случае, если точка находится выше верхней границы ПДИ, а «плюс» — если ниже нижней границы. Кроме того, ASR-отклонение определяется в зависимости от положения самой точки относительно границ ПДИ для объектов:

— лучшая вторичная норма которых лежит выше верхней границы ПДИ:

$$\Delta_k^{ASR} = \left| \overline{W}_{k\,ext}^{vt} - W_k^{+} \right|; \qquad (7)$$

— лучшая вторичная норма которых лежит ниже нижней границы ПДИ:

$$\Delta_k^{ASR} = \left| \overline{W}_{k\,ext}^{vt} - W_k^{-} \right|. \qquad (8)$$

Коэффициент управляющего воздействия ставится в прямую зависимость от величины ASR-отклонения. При этом он приобретает смысл линейного весового коэффициента, полученного отдельно на каждом из двух подмножеств аномальных норм:

$$K_{yi} = \Delta_i^{ASR} / \sum_{j=1}^{h} \Delta_j^{ASR}, \qquad (9)$$

где K_{yi} — коэффициент управляющего воздействия, определяемый для *i*-й аномальной нормы;

h — общее количество аномальных норм в подмножестве;

j — вспомогательный формальный индекс суммирования.

Таким образом, уточнение осуществляется с целью определения предельных (результирующих) норм и реализуется для объектов, лучшие вторичные нормы которых выходят за пределы границ ПДИ (рис. 15).

Вычислительный эксперимент

Экспериментальная проверка методики [7] проводилась по абсолютному показателю качества нормы ЭП (1). Сравнение по критерию минимума суммарного абсолютного отклонения от нижней границы ПДИ предельных норм, полученных предложенным методом, с нормами, полученными другими методами, а также с фактическими значениями ЭП показало предпочтитель-

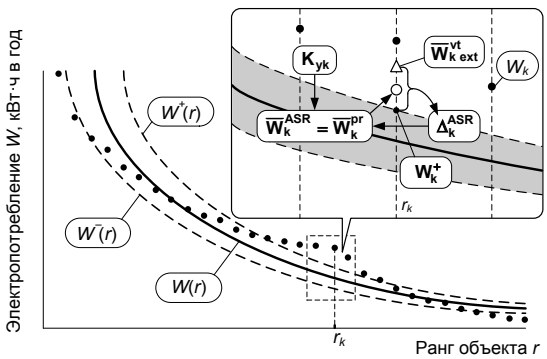


Рис. 14. Получение результирующей (предельной) нормы

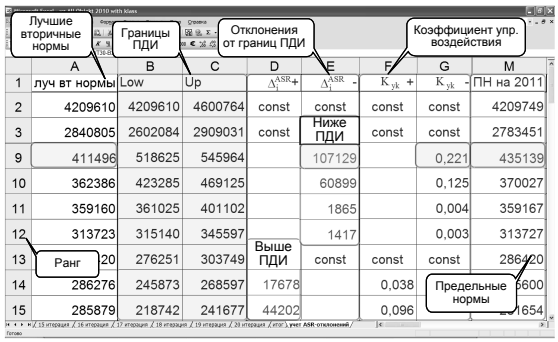


Рис. 15. Экранная форма отображения предельных норм

ность предложенного алгоритма (рис. 16). Таким образом, для рассматриваемого инфраструктурного объекта на основе данных за последние пять лет (2006–2010) результаты применения предельного алгоритма превосходят отдельно взятые методы нормирования, как правило, на 50–80%, но не менее чем на 16,5%.

По результатам экономической оценки разработанного алгоритма по критерию суммарного абсолютного отклонения проведен расчет перерасхода электроэнергии относительно нижней границы ПДИ в денежном эквиваленте, результаты которого показаны на гистограмме (рис. 17), наглядно отражающей преимущество предельного алгоритма по сравнению с остальными методами нормирования. Кроме того, рассчитаны вероятные затраты на ЭЭ при нормировании различными методами, которые показаны на гистограмме (рис. 18), также отображающей преимущество предельного алгоритма нормирования.

Анализ результатов показывает, как с каждым этапом предельного алгоритма нормирования происходит постепенное снижение норм. Из всех норм, полученных на этапе нормирования, лучшее значение имеет норма, полученная методом прогнозных норм (вероятные затраты составляют 35,96 млн руб.). Согласно результатам, получаемым на основе линейной комбинации и получения взвешенных норм, стоимость вероятных затрат составляет 35,27 млн руб.,

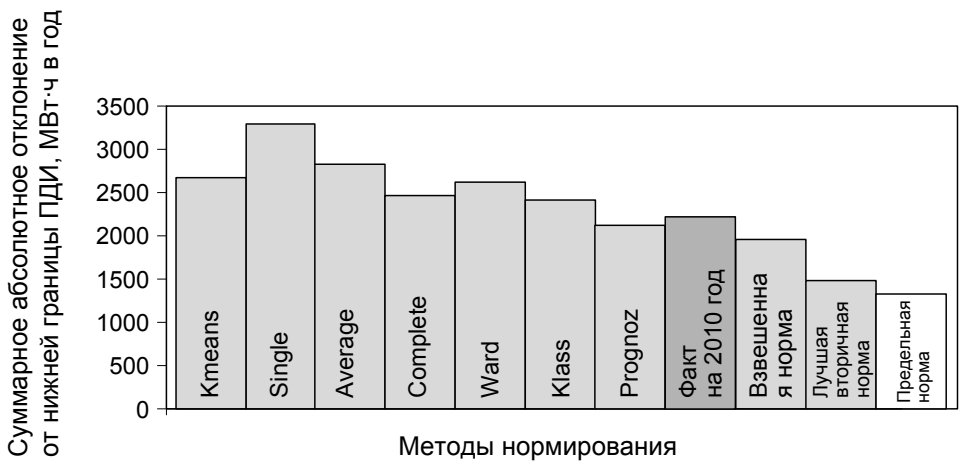


Рис. 16. Диаграмма абсолютных отклонений, рассчитанных разными методами нормирования

Рис. 17. Перерасход ЭЭ инфраструктурного объекта относительно нижней границы ПДИ

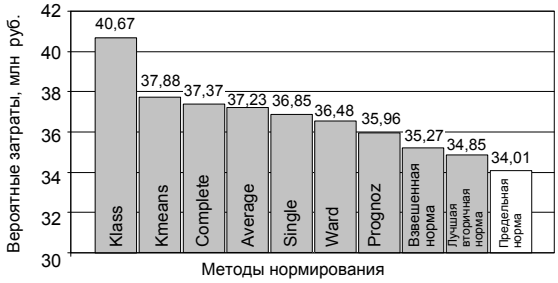


Рис. 18. Вероятные затраты на ЭЭ при нормировании инфраструктурного объекта

Таблица 1

Программа нормирования ЭП подразделений инфраструктурного объекта

Код объекта	ЭП, МВт·ч	Предельная норма по годам, МВт·ч в год					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	1433,4	1404,5	1364,7	1324,9	1293,3	1261,3	1248,7
2	1789,0	1609,2	1565,9	1520,3	1487,6	1474,4	1430,2
3	388,4	435,1	408,9	397,1	397,8	393,6	389,7
4	222,2	174,2	170,3	165,4	163,7	159,3	156,1
…	…	…	…	…	…	…	…
Всего	18778,8	18082,6	17658,8	17144,5	16503,8	16161,5	15892,8

а после оптимизации — 34,85 млн руб. Благодаря уточнению лучших вторичных норм по *ASR*-отклонению и получению предельных норм удается снизить стоимость вероятных затрат до 34,01 млн руб. Таким образом, применение методики нормирования с использованием предельного алгоритма позволяет снизить годовые затраты на обеспечение инфраструктурного объекта минимум на 1,95 млн рублей.

При помощи разработанной методики нормирования с использованием предельного алгоритма составлена программа нормирования ЭП подразделений инфраструктурного объекта на перспективу в 6 лет (с 2010 по 2015 г.). Результаты расчетов представлены в табл. 1. Данная программа нормирования может приниматься в качестве нормативного документа для управления ЭП подразделениями инфраструктурного объекта, в рамках реализации ФЗ от 23 ноября 2009 г. № 261. При поступлении новых фактических данных по ЭП программа может ежегодно уточняться при помощи предельного алгоритма нормирования.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований создана методика снижения затрат на обеспечение инфраструктурного объекта за счет предъявления подразделениям научно обоснованных предельных норм расходования ЭЭ, комплексной автоматизации ее контроля и учета.

Экономическая оценка показала преимущество использования предельного алгоритма по сравнению с отдельно взятыми методами нормирования.

Получены и всесторонне проанализированы нормы электропотребления объектов

представленного предприятия на среднесрочную перспективу. Разработана программа нормирования до 2015 г. Данная программа нормирования позволит ежегодно предъявлять объектам представленного предприятия научно обоснованные предельные нормы, что в результате приведет к ежегодному снижению электропотребления регионального электротехнического комплекса.

Кроме того, разработанная методика нормирования ЭП, основанная на предельном алгоритме, может применяться на других инфраструктурных объектах, на промышленных предприятиях и в организациях [7, 8].

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» // http://www.rg.ru/2008/06/07/ukaz-dok.html.
2. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» (Российская газета от 27.11.2009).
3. *Айвазян С. А.*, *Бухштабер В. М.*, *Енюков И. С.*, *Мешалкин Л. Д.* Прикладная статистика: классификация и снижение размерности: справочное издание. М.: Финансы и статистика, 1989. — 607 с.
4. *Айвазян С. А.*, *Мхитарян В. С.* Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1998. — 1022 с.
5. *Гнатюк В. И.* Оптимальное управление электропотреблением регионального электротехнического комплекса (техноценоза): монография. М.: Изд-во ИНП РАН, 2006. — 147 с.
6. *Кудрин Б. И.* Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов. М.: Интермет инжиниринг, 2005. — 672 с.
7. *Шейнин А. А.*, *Гнатюк В. И.* Нормирование электропотребления инфраструктурных объектов с учетом системных свойств: статья (издание из перечня ВАК) // Известия вузов. Электромеханика. Новочеркасск: ЮРГТУ. 2010. № 4. С. 59–63.
8. *Шейнин А. А.*, *Гнатюк В. И.* Научно обоснованное нормирование электропотребления в ситуационном центре: статья // Науч. сборник «Ситуационные центры 2010». Москва: РАГС. 2011. С. 21–26.

V. Gnatyuk, *Dr. of Technical Sciences, Professor, Kaliningrad State Technical University, mail@gnatukvi.ru*
A. Sheynin, *Ph.D, Research Associate, Kaliningrad State Technical University, sheynin@mail.ru*

Determinig the optimal rates of electrical power consumption

The paper deals with rationing limits of electrical power consumption based on the enterprises in Kaliningrad region. We present an algorithm providing the optimal rates decision making. As an environment for the implementation of the limits evaluation determining algorithm Matlab-R2008a package was used. The results of experimental verification and economic evaluation techniques are presented.

Keywords: electricity, energy, electricity rationing, limiting algorithm.

Подписка-2014

Журнал «Прикладная информатика» выходит 6 раз в год:
Февраль Апрель Июнь Август Октябрь Декабрь

Подписка через редакцию

Стоимость подписки на 2014 год:

1 номер	3 номера	6 номеров
1080 руб.	3240 руб.	6480 руб.

Подписку можно оформить с любого месяца.
Тел./факс: (495) 663-93-88 (доб. 1839)

Руководитель службы маркетинга: *Я. И. Орлов*
E-mail: yorlov@s-university.ru

Подписка на почте

По каталогу агентства «Роспечать»	индекс 20497
По объединенному каталогу «Пресса России»	индекс 88059
По каталогу российской прессы «Почта России»	индекс 14241

Доставка осуществляется заказной бандеролью с уведомлением.

Электронный выпуск, а также отдельные статьи журнала можно приобрести на сайтах www.appliedinformatics.ru, www.elibrary.ru и www.dilib.ru.

К оплате принимаются все виды электронных платежей, банковские карты.
Возможна также оплата с помощью SMS.

Учредитель и издатель НОУ ВПО «МФПУ «Синергия»
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-57869 от 25.04.2014 г.
Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Литературный редактор *О. А. Михайлова*
Верстка, дизайн макета *Б. В. Зипунов*

Адрес редакции и издателя

129090, Москва, ул. Мещанская, д. 9/14, стр.1 (юрид.)
125190, Москва, Ленинградский просп., д. 80, корп. Г, офис 612(4)
Тел.: (495) 663-93-88 (доб. 1839)
e-mail: edit@s-university.ru; www.appliedinformatics.ru

Наши реквизиты

НОУ ВПО «МФПУ «Синергия»
ИНН 7729152149
КПП 770201001
ОГРН 1037700232558
Р/с 40703810338180120073
Сбербанк России (ОАО) Вернадское ОСБ
к/с 30101810400000000225
БИК 044525225

При перепечатке и цитировании материалов ссылка на журнал «Прикладная информатика» обязательна.
Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубликованной в рекламных объявлениях.
Мнения авторов и редакции могут не совпадать.

© НОУ ВПО «МФПУ «Синергия»

Подписано в печать: 19.05.2014
Тираж 3000 экз.

Отпечатано в ООО «Галлея-Принт»
111024, Москва, ул. 5-я Кабельная, д. 2Б
Заказ № 364