

Научная статья

УДК 338.45

doi: 10.33463/2687-1238.2024.32(1-4).3.432-440

МЕТОДИКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ (ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ)

Александр Николаевич Кузьминов¹, Юлия Александровна Кузьминова², Любовь Юрьевна Зубко³

¹ Академия ФСИН России, г. Рязань, Россия, mr.azs@mail.ru

² Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Россия, ju.kuzia18@gmail.com

³ ООО «Алгоритм-лаборатория экспертных решений», г. Ростов-на-Дону, Россия, lz.algoritm@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема определения реальных объемов энергопотребления наружного освещения в муниципальных образованиях, которая возникает в результате недостатков существующей системы энергоменеджмента и приводит к противоречиям между поставщиками электроэнергии и муниципалитетом. Отсутствие приборов учета и большое разнообразие типов ламп освещения приводит к тому, что стандартные методики расчета, используемые поставщиком, неоправданно завышают стоимость реального потребления, ограничивая таким образом бюджетные возможности городов. Предлагается решать указанную проблему посредством применения рангово-параметрического инструментария, который успешно используется для оценивания и прогнозирования в промышленности.

Ключевые слова: энергоснабжение, энергетический ценоз, вероятность, ограниченный ресурс, муниципальный бюджет

Для цитирования

Кузьминов А. Н., Кузьминова Ю. А., Зубко Л. Ю. Методика вероятностной оценки электропотребления (вопросы энергетической безопасности и правового обеспечения) // Человек: преступление и наказание. 2024. Т. 32(1–4), № 3. С. 432–440. DOI: 10.33463/2687-1238.2024.32(1-4).3.432-440.

Original article

THE METHOD OF PROBABILISTIC ASSESSMENT OF ELECTRICITY CONSUMPTION (ISSUES OF ENERGY SECURITY AND LEGAL SUPPORT)

Alexander Nikolaevich Kuzminov¹, Yulia Alexandrovna Kuzminova², Lyubov Yuryevna Zubko³

¹ Academy of the FPS of Russia, Ryazan, Russia, mr.azs@mail.ru

² Rostov State University of Railway Engineering, Rostov-on-Don, Russia, ju.kuzia18@gmail.com

³ Algorithm Laboratory of Expert Solutions LLC, Rostov-on-Don, Russia, iz.algoritm@mail.ru

Abstract. The article deals with the problem of determining the actual energy consumption of outdoor lighting in municipalities, which arises as a result of the shortcomings of the existing energy management system and leads to contradictions between electricity suppliers and the municipality. The lack of metering devices and a wide variety of types of lighting lamps leads to the fact that the standard calculation methods used by the supplier unreasonably overestimate the cost of real consumption, thus limiting the budgetary possibilities of cities. It is proposed to solve this problem through the use of rank-parametric tools, which are successfully used for evaluation and forecasting in industry.

Keywords: energy supply, energy price, probability, limited resource, municipal budget

For citation

Kuzminov, A. N., Kuzminova, Yu. A. & Zubko, L. Yu. 2024, 'The method of probabilistic assessment of electricity consumption (issues of energy security and legal support)', *Man: crime and punishment*, vol. 32(1–4), iss. 3, pp. 432–440, doi: 10.33463/2687-1238.2024.32(1-4).3.432-440.

Задача данного исследования определяется наличием неразрешимой проблемы при установлении фактического объема потребленной многими муниципальными образованиями электрической энергии по точке поставки «Уличное освещение», возникшей в силу особенностей сложившейся системы организации энергоснабжения [5]. Использование существующих нормативов и методов часто затрудняет определение реального объема потребленной на уличное освещение электроэнергии, поскольку во многих городах такие точки поставки не имеют приборов учета, что приводит к существенному завышению стоимости потребленной энергии.

Решение указанной задачи затруднено рядом противоречий, возникающих в результате применения положений законодательства, отраслевых норм и бюджетных правил, приводящих к тому, что возможные споры и разногласия должны рассматриваться не только в контексте коммерческого понимания проблемы, особенно при расчете объема и стоимости выявленного безучетного потребления в отношении уличного освещения. Кроме того, необходимо отметить объективную особенность формирования современной инфраструктуры наружного освещения в городе, которая была создана в условиях плановой экономики, и процесс ее трансформации крайне инерционен в силу ограниченности ресурсов, выделяемых в рамках бюджетного законодательства. Все это

приводит к возникновению ситуации непредумышленного безучетного потребления и должно рассматриваться в особом порядке.

Таким образом, для ответа на поставленный вопрос прежде всего необходимо рассмотреть предметное поле проблемы, которое описывается как ситуация, характеризующаяся высокой сложностью учета различных целевых установок всех участников процесса освещения населенного пункта.

Во-первых, в соответствии с п. 19 ч. 1, ч. 3 ст. 14 и п. 25 ч. 1 ст. 16 Федерального закона от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» к вопросам местного значения городского, сельского поселения, городского округа отнесена организация благоустройства территории городского, сельского поселения, городского округа (в частности, освещение улиц). В соответствии с ч. 2 ст. 18 этого Федерального закона финансовые обязательства, возникающие в связи с решением вопросов местного значения, исполняются за счет средств местных бюджетов.

Во-вторых, важно принимать во внимание то обстоятельство, что наружное освещение выполняет функции дорожной и общественной безопасности, то есть при формировании такой сложной энергосистемы необходимо учитывать различные социальные условия, которые, например, отражены в правилах государственного регулирования данного вопроса посредством стандартов и СНиПов.

В-третьих, требуется учитывать экономические интересы самого поставщика, которые предусматривают не только компенсацию возможных затрат, но и обязательно получение прибыли, предельные границы которой не определены.

В-четвертых, выполнение муниципалитетами рекомендаций Государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности», в рамках которой можно решить данную проблему, ограничено условиями бюджетных ограничений.

С учетом этого применение методов, используемых для взаимодействия и споров с коммерческими структурами, неприемлемо, требуется объективное определение объемов и стоимости, максимально близкое к реальному.

Рассмотрим решение проблемы на примере Малгобека – города в Республике Ингушетия Российской Федерации, который является административным центром муниципального района с населением 38 649 чел. (2020 г.), расположенным на площади 100 км². Географически и топографически город представляет собой условно пересекающиеся по одной из плоскостей два равных прямоугольника с центростремительной формой застройки и развития инфраструктуры, транспортная сеть имеет форму матрицы, преобладают строения частной малоэтажной застройки.

Существующая модель наружного освещения спроектирована в условиях СССР и постепенно модернизируется. Мачты освещения установлены по различным стандартам, и расстояние между ними отличается для каждой из дорог. Большая часть пешеходных переходов освещены. Система управления автономная: включение и выключение происходит автоматически. На второстепенных дорогах используются два режима работы линий освещения – вечерний и ночной.

Эмпирический натурный анализ освещенности муниципальных дорог проводился в разные промежутки дня и позволил выявить следующие ключевые особенности:

– общее число установленных мачт освещения составляет 920 шт., из них 804 шт. используются для освещения улиц города;

- светильники, установленные на мачтах освещения, разнотипные, из них по мощности: 0,02 Вт – 64 шт., 0,04 Вт – 54 шт., 0,05 кВт – 68 шт. (всего 3611 ламп);
- включение и выключение ламп осуществляется автоматически;
- максимальная интенсивность освещения на всем протяжении темного времени суток отмечается на участках центральных улиц;
- освещение на остальных участках города реализовано по схеме 2/3, то есть 60 % установленных светильников работает в течение всего темного времени суток с неполной загрузкой, в том числе по схеме 4 часа работы в день, либо не работают по различным причинам. В ряде микрорайонов города Малгобека число неработающих светильников значительно, замена перегоревших ламп осуществляется не системно, один раз в год, а по мере их выхода из строя, что обусловлено характером бюджетного процесса закупок.

На основании указанной информации, сведений об установленных приборах, а также натурального наблюдения может быть рассчитан максимально возможный объем электропотребления для наружного освещения с учетом реальной мощности и числа установленных ламп, который представлен в таблице 1.

Таким образом, максимально возможный объем потребленной муниципальной образованием «Городской округ город Малгобек» электрической энергии по точке поставки «Уличное освещение», рассчитанный по мощности всех установленных точек освещения при условии их непрерывной работы за период с 1 мая 2019 г. по 31 марта 2020 г. не превышает 1 147 051 кВт/ч.

В силу отсутствия централизованной системы контроля и систем учета потребленной энергии, фактическое время использования светильников представляет собой неизвестную (случайную) величину, их мощность и длительность работы в течение периода

Таблица 1

Расчетное значение максимально возможного объема потребленной муниципальной образованием «Городской округ город Малгобек» электрической энергии по точке поставки «Уличное освещение»

Месяц	Число дней	Продолжительность освещения полная, ч	Число объектов	Продолжительность освещения частичная, ч	Мощность всех объектов	Расчетный объем энергопотребления, кВт/ч
Май 2019	31	263	1030	160	2581	101 841,4
Июнь 2019	30	236	1030	148	2581	93 368,0
Июль 2019	31	253	1030	159	2581	100 245,5
Август 2019	31	291	1030	177	2581	112 668,5
Сентябрь 2019	30	325	1030	180	2581	117 915,5
Октябрь 2019	31	381	1030	181	2581	124 792,6
Ноябрь 2019	30	407	1030	180	2581	127 329,9
Декабрь 2019	31	439	1030	186	2581	133 690,5
Январь 2020	31	426	1030	186	2581	132 198,0
Февраль 2020	29	354	1030	168	2581	115 871,5
Март 2020	31	349	1030	177	2581	119 327,5
Итого						1 147 051,0

отличается существенно, что обуславливает необходимость рангово-параметрических методов расчета, которые широко используются в электроэнергетике для исследования систем более высокого уровня [3]. Важно отметить, что вероятностные методы оценки применяются в современной оценочной и судебной практике, поскольку выводы, получаемые в рамках применения теории вероятностей, вполне соответствуют заданному на сегодня уровню достоверности (надежности) доказательств [6, 8].

На рисунке 1 приведена ранжированная форма расчетных максимальных параметров электропотребления, которые имеют форму гиперболы, поскольку их размерность отличается в силу большой разницы числа установленных приборов и мощности ламп. Классический алгоритм таких вероятностных расчетов для условий промышленного предприятия разработан профессором В. И. Гнатыком и будет использоваться в статье [3].

Для создания необходимой статистической базы используется алгоритм параметрического описания структуры электропотребления по наружному освещению г. Малгобека, для чего формируется трехмерная выборка, отражающая изменение во времени их объемного выражения, описывающего объем по каждому объекту потребления с учетом вероятности выбытия.

Алгоритм анализа представляет собой последовательность классического статистического оценивания, дополненного специальными ценологическими методами, которые позволяют выявлять вероятностные закономерности и с высокой степенью достоверности прогнозировать будущее распределение, выявлять аномалии или пропущенные значения [9]. Из данных сплошного наблюдения объектов наружного освещения г. Малгобека сформирована расчетная матрица, в которой учтены критерии неопределенности.

В результате статистической обработки данных программным способом¹ были получены следующие результаты (рис. 2, 3).

1. Распределение затрат электроэнергии логнормальное, гиперболическое.
2. Общая сумма рангов энергетического ценоза $SS = 3541$.
3. Среднее значение для рангов экономического ценоза $SR = 26,569$.
4. Коэффициент конкордации $K = 214,11$.
5. Коэффициенты ранговой корреляции значимы, следовательно, ранговые параметрические распределения взаимосвязаны, их можно использовать при дальнейшей статистической обработке.
6. Величины затрат объектов коррелируют в 70,58 % (> 50 % объектов исследования), что указывает на существующую связь между элементами исследуемой системы. Статистическая значимость всех коэффициентов, исследуемая совокупность подтверждена. Совокупность является ярко выраженным энергетическим ценозом, и возможно использование методологии рангового анализа при дальнейшей обработке статистических данных.
7. Ширина гауссовского окна и времени с учетом медианных, средних и минимальных уровней. Проверяем гипотезу об однородности дисперсий затрат по месяцам за все годы наблюдений с помощью критерия Кокрена. $Q = 0,098 < Q_{Kkr} = 0,23$. Нулевая гипотеза принимается. Это означает, что дисперсии однородны и в расчетах может быть использовано среднее значение.

¹ См.: Кузьминов А. Н., Коростиева Н. Г., Гладилин Д. П. Программа для исследования структуры затрат предприятия на основе ценологического инструментария. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2018616600 от 11 апреля 2018 г.

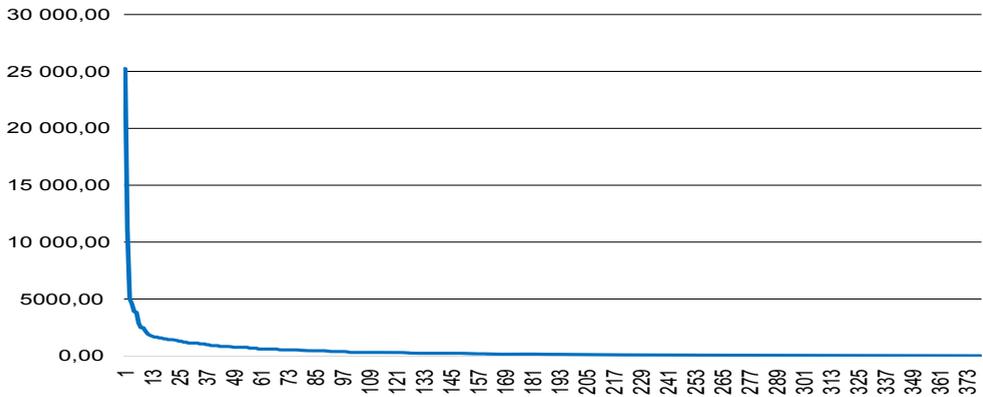


Рис. 1. Ранговое распределение расчетных максимальных параметров электропотребления по наружному освещению г. Малгобека за 1 месяц (рассчитано авторами)

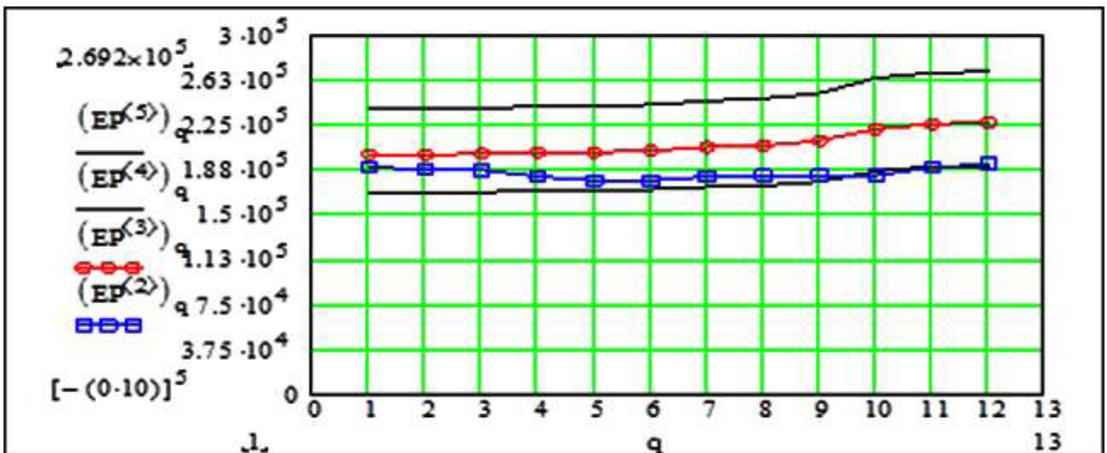


Рис. 2. Прогноз вероятной структуры затрат за год с учетом тренда (рассчитано авторами)

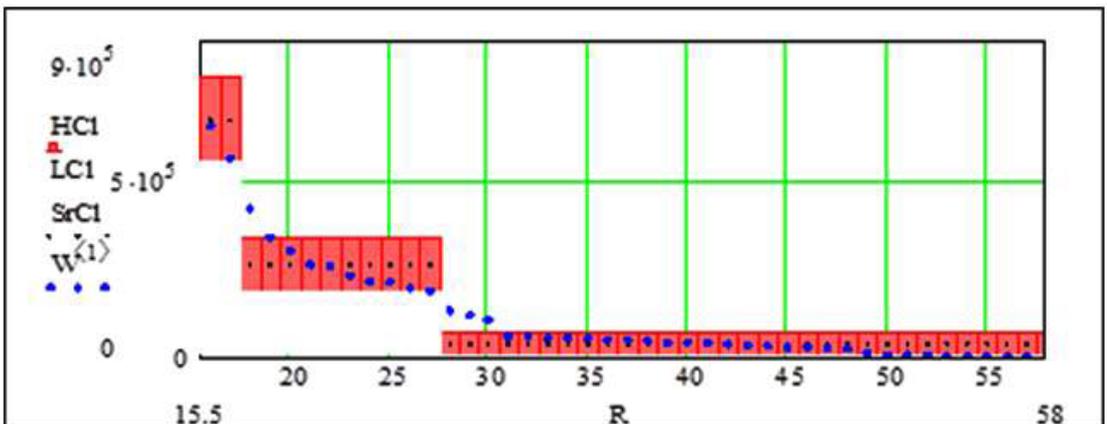


Рис. 3. Нормирование объектов в кластерах путем расчета среднего и эмпирического стандарта затрат для каждой группы на отдельном временном интервале

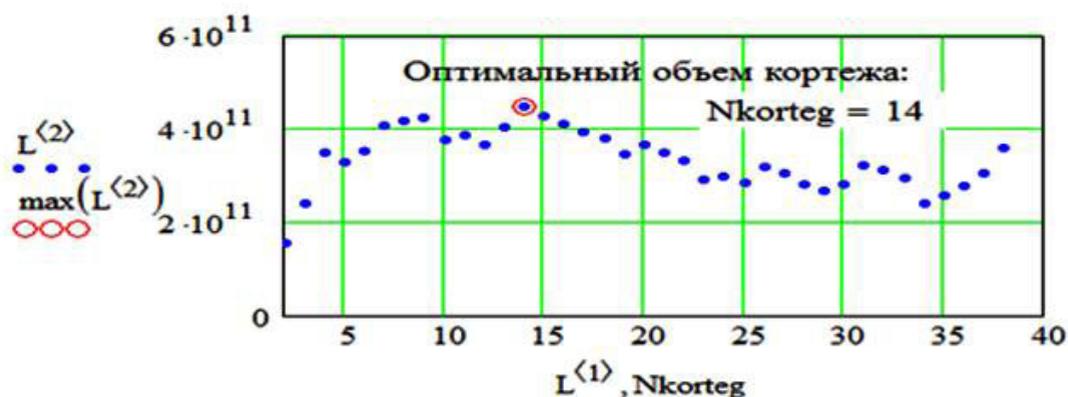


Рис. 4. Максимальное количество элементов в кортеже (рассчитано авторами)

Таблица 2

Расчетное значение фактического объема потребленной муниципальной образованием электрической энергии на уличное освещение за период с 1 мая 2019 г. по 31 марта 2020 г. (составлено авторами по данным муниципалитета г. Малгобека)

Месяц	Число дней	Объем энергопотребления кВт/ч, представленный к оплате	Расчетный максимальный объем энергопотребления кВт/ч с учетом реальной загрузки объектов НО	Фактический объем энергопотребления кВт/ч с учетом реальной загрузки объектов НО
Май 2019	31	299 656	101 841,00	82 679,64
Июнь 2019	30	316 536	93 368,00	74 191,62
Июль 2019	31	307 496	100 246,00	79 535,93
Август 2019	31	308 936	112 669,00	91 482,04
Сентябрь 2019	30	309 336	117 915,00	102 170,66
Октябрь 2019	31	309 416	124 793,00	119 775,46
Ноябрь 2019	30	309 576	127 330,00	127 949,10
Декабрь 2019	31	309 416	133 691,00	133 922,15
Январь 2020	31	309 416	132 198,00	111 287,42
Февраль 2020	29	266 813	115 871,50	109 715,56
Март 2020	31	619 366	119 327,50	91 796,40
Итого		3 399 416,00	1 279 250,00	1 124 505,99

Таким образом, посредством анализа и кластерного нормирования в рамках диапазона доверительного интервала получены следующие значения, представленные в таблице 2.

Установлено, что расчетное значение фактического объема потребленной муниципальной образованием электрической энергии за период с 1 мая 2019 г. по 31 марта 2020 г. составляет 1 124 505,99 кВт/ч, значительно отличается от рассчитанного поставщиком. Полученные результаты статистического и рангово-параметрического оценива-

ния достоверны, значимы и позволяют учитывать вероятностный характер процессов реального функционирования муниципальной системы «Уличное освещение», которая по всем признакам может рассматриваться как специфический энергоценоз. Применение ценологического инструментария анализа позволяет не только выявлять аномальные значения, но и прогнозировать с высокой долей достоверности их в условиях ограниченности данных. Использование предлагаемой методики существенно повысит качество данных о фактическом электропотреблении и может использоваться в условиях других регионов России, что повысит эффективность использования бюджетных средств, справедливость экономических взаимоотношений с поставщиками электроэнергии и обеспечит возможность реализации государственных программ энергосбережения.

Список источников

1. Борталевич С. И. Проблемы и перспективы управления энергосбережением и направления повышения энергетической эффективности в муниципальных образованиях // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2011. № 39(132). С. 41–51.
2. Науменко А. П., Кудрявцева И. С., Одинец А. И. Вероятностно-статистические методы принятия решений: теория, примеры, задачи : учеб. пособие. Омск : ОмГТУ, 2018. 108 с.
3. Гнатюк В. И. Закон оптимального построения техноценозов : монография. Калининград : Калининградский инновационный центр «Техноценоз», 2012. 518 с.
4. Мухаметова Л. Р. Повышение энергоэффективности функционирования объектов производственной инфраструктуры топливно-энергетического комплекса региона : автореф. дис. ... канд. экон. наук. М., 2017. 20 с.
5. Нечаев В. В. Вопросы энергосбережения освещения городских территорий // Актуальные вопросы экономических наук. 2009. № 4-3. С. 200–203.
6. Обоскалов В. П., Кокин С. Е., Кирпикова И. Л. Применение вероятностно-статистических методов и теории графов в электроэнергетике : учеб. пособие. Екатеринбург : УрФУ, 2016. 271 с.
7. Соловова Ю. В. Энергетика и социальная эффективность в контексте функционирования современной экономики // Дискуссия. 2022. № 3(112). С. 48–56.
8. Теория вероятностей в экспертизе (заключение математико-статистической экспертизы по делу о хищении лотерейных билетов) // Российский юридический журнал. 2008. № 2(59). С. 179–189.
9. Kuzminov, A. N., Korostieva, N. G., Dzhukha, V. M. & Ternovsky, O. A. 2018, 'Economic Coenosis Stability: Methodology and Findings', in S. Grima & E. Thalassinou (eds), *Contemporary Issues in Business and Financial Management in Eastern Europe (Contemporary Studies in Economic and Financial Analysis)*, vol. 100, pp. 61–70, Emerald Publishing Limited, Leeds, doi: 10.1108/S1569-375920180000100008.

References

1. Bortalevich, S. I. 2011, 'Problems and prospects of energy conservation management and directions for improving energy efficiency in municipalities', *National interests: priorities and security*, iss. 39(132), pp. 41–51.
2. Naumenko, A. P., Kudryavtseva, I. S. & Odinets, A. I. 2018, *Probabilistic and statistical methods of decision-making: theory, examples, tasks: textbook*, OmGTU, Omsk.
3. Gnatyuk, V. I. 2012, *The law of optimal construction of technocenoses: monograph*, Kaliningrad Innovation Center "Technocenosis", Kaliningrad.

4. Mukhametova, L. R. 2017, *Improving the energy efficiency of the functioning of industrial infrastructure facilities of the fuel and energy complex of the region: PhD thesis (Economics)*, Moscow.

5. Nechaev, V. V. 2009, 'Issues of energy saving of lighting of urban areas', *Topical issues of economic sciences*, iss. 4-3, pp. 200–203.

6. Oboskalov, V. P., Korkin, S. E. & Kirpikova, I. L. 2016, *Application of probabilistic statistical methods and graph theory in the electric power industry: textbook*, UrFU, Yekaterinburg.

7. Solovova, Yu. V. 2022, 'Energy and social efficiency in the context of the functioning of the modern economy', *Discussion*, iss. 3(112), pp. 48–56.

8. 'Probability theory in the examination (conclusion of the mathematical and statistical examination in the case of theft of lottery tickets)' 2008, *Russian Law Journal*, iss. 2(59), pp. 179–189.

9. Kuzminov, A. N., Korostieva, N. G., Dzhukha, V. M. & Ternovsky, O. A. 2018, 'Economic Coenosis Stability: Methodology and Findings', in S. Grima & E. Thalassinos (eds), *Contemporary Issues in Business and Financial Management in Eastern Europe (Contemporary Studies in Economic and Financial Analysis)*, vol. 100, pp. 61–70, Emerald Publishing Limited, Leeds, doi: 10.1108/S1569-375920180000100008.

Информация об авторах

А. Н. Кузьминов – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономики, менеджмента, организации производственной деятельности и трудовой адаптации осужденных;

Ю. А. Кузьминова – старший преподаватель;

Л. Ю. Зубко – эксперт.

Information about the authors

A. N. Kuzminov – Sc.D (Economics), Associate Professor, professor of the economics, management, organization of production activities and labor adaptation of convicts department;

Yu. A. Kuzminova – senior lecturer;

L. Y. Zubko – expert.

Примечание

Содержание статьи соответствует научной специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки).

Статья поступила в редакцию 15.06.2024; одобрена после рецензирования 17.07.2024; принята к публикации 03.09.2024.

The article was submitted 15.06.2024; approved after reviewing 17.07.2024; accepted for publication 03.09.2024.