

Дмитрий Валерьевич Кондратьев
заведующий кафедрой менеджмента и
права Удмуртского государственного
аграрного университета, к.э.н., доцент

E-mail: kondratievdmitri@mail.ru

Константин Викторович Павлов
профессор кафедры экономики Полоцкого
государственного университета им.
Евфросинии Полоцкой, д.э.н., профессор

E-mail: kvp_ruk@mail.ru

Гамлет Яковлевич Остаев
декан экономического факультета
Удмуртского государственного
аграрного университета, к.э.н., доцент

E-mail: ostaeff@yandex.ru

УНИФИКАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Аннотация. Статья посвящена обоснованию целесообразного использования систем унифицированных показателей измерения и оценки технико-экономической эффективности световых приборов и систем наружного освещения муниципальных образований. Применяемая в настоящее время система традиционных показателей позволяет обеспечить сравнительный анализ и оценку экономической привлекательности как отдельных светильников, так и частей систем наружного освещения только по определенным базам сравнения, не сопоставимым между собой. Кроме этого, используемая традиционная система недостаточно информативна для нужд управленческого анализа и принятия решений. В работе предлагаются две новые концепции унифицированных показателей – концепция «условного светильника» и концепция «эталонного светильника», основанные на введении общих баз сравнения для всех светильников не зависимо от их типа и бренда. Полученные две новые системы показателей позволяют обеспечить полную сопоставимость отдельных показателей между собой, а также расширить границы понимания содержания категории технико-экономической эффективности систем наружного освещения для нужд публичного управления. Результаты исследования могут также использоваться для целей мониторинга адекватности технико-экономического

состояния систем наружного освещения современным требованиям времени и прогнозирования перспектив своевременной модернизации отдельных элементов таких систем.

Ключевые слова: система наружного освещения, «условный светильник», «эталонный светильник», технико-экономическая эффективность, показатели, муниципальное образование, город.

UNIFICATION OF METHODOLOGICAL TOOLS FOR ASSESSING THE TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF OUTDOOR LIGHTING SYSTEMS OF MUNICIPAL ENTITIES

Abstract. The article is devoted to the substantiation of the appropriate use of systems of unified indicators for measuring and assessing the technical and economic efficiency of lighting fixtures and outdoor lighting systems in municipalities. The currently used system of traditional indicators allows for a comparative analysis and assessment of the economic attractiveness of both individual luminaires and parts of outdoor lighting systems only based on certain comparison bases that are not comparable with each other. In addition, the traditional system used is not informative enough for the needs of management analysis and decision-making. The paper proposes two new concepts of unified indicators - the concept of a "conventional luminaire" and the concept of a "reference luminaire", based on the introduction of common comparison bases for all luminaires, regardless of their type and brand. The two new systems of indicators obtained allow for full comparability of individual indicators with each other, as well as to expand the boundaries of understanding the content of the category of technical and economic efficiency of outdoor lighting systems for the needs of public administration. The results of the study can also be used for the purposes of monitoring the adequacy of the technical and economic state of outdoor lighting systems to modern requirements of the time and forecasting the prospects for timely modernization of individual elements of such systems.

Key words: outdoor lighting system, "conventional luminaire", "standard luminaire", technical and economic efficiency, indicators, municipality, city.

ВВЕДЕНИЕ

Проблематика измерения и оценки экономической эффективности систем наружного освещения муниципальных образований (населенных пунктов, сельских территорий, городов) связана с рядом факторов, к числу которых относятся

следующие: 1) неоднородность конструктивных технических элементов систем наружного освещения, в частности, применение широкого разнообразия типов и брендов светильников даже в условиях удовлетворения потребностей идентичной целевой аудитории; 2)

неоднородность целевой аудитории в муниципальных образованиях (населенных пунктах) в разрезе территорий и зон, в частности, различия в требованиях к уровню, спектру, интенсивности и иным характеристикам освещенности; 3) неоднородность гражданской культуры в обществе, в частности, различия в оценках отдельных социальных групп соотношения полезности освещения как блага и его экологичности, эстетичности, экономичности. Перечисленные факторы обуславливают неоднозначность интерпретации и определения значимости различных традиционных критериев и показателей эффективности систем наружного освещения, которые по своей природе относятся к категории технических систем.

В качестве методов исследования в работе применены расчетно-конструктивный, абстрактно-логический, аналитический методы. Информационной базой исследования послужили работы ученых и практиков в области исследования технико-экономических параметров функционирования и эффективности приборов и систем как наружного освещения, так систем освещения в целом, а также информация об организации и параметрах эффективности системы наружного освещения крупного муниципального образования «Город Ижевск», данные интернет и личные наблюдения авторов работы.

В ранее произведенных исследованиях авторов работы обосновано применение комплексного ценностно-ориентированного (клиенто-ориентированного) подхода к исследованию экономической эффективности ряда сложных, в частности, социальных и социально-техничко-биологических систем [1, 2], основанного на изучении сфер проявления результатов их функционирования и влияния этих результатов на удовлетворение нужд конкретного потребителя. На основе данного подхода в том числе разработан методический инструментарий оценки экономической эффективности систем наружного освещения, предполагающий собой их изучение в разрезе трех групп критериев экономической эффективности – социально-экономической, технико-экономической и финансово-экономической эффективности [3].

Традиционные показатели технической, технико-экономической, социально-технической, технико-экологической эффективности систем и приборов освещения подробно освещены в работах большого количества отечественных и зарубежных ученых, таких, как Lobão J.A. и Devezas T. [4], Valiullin K.R. [5], Moral-Carcedo J. и Pérez-García J. [6], Rustemli S. и Demir Yu. [7], Рудченко Ю.А. и Рудченко Г.А. [8], Козловская В.Б. и Калечиц В.Н. [9], Vagin G.Ya. и Solntsev E.B. [10], Марабаева Л.В. и Сысоева Е.А. [11], Сапронов А.А. и Никуличев А.Ю. [12], Кротенко Е.А. и

Свешников В.В. [13], Chakraborty S. и Mazumdar S. [14], Richter J.L. и Van buskirk R. [15].

Однако все произведенные ранее исследования не претендуют на стандартизацию измерений критериев и показателей экономической эффективности, не обеспечивают унифицированность их оценок, что в свою очередь обуславливает неоднозначность интерпретации значений рассчитываемых традиционных показателей технико-экономической эффективности и ведет к противоречивым выводам и управленческим решениям.

Основной целью настоящего исследования является разработка и обоснование комплекса унифицированных единиц измерения количества приборов наружного освещения и унифицированной системы показателей оценки технико-экономической эффективности как отдельных осветительных приборов, так и систем наружного освещения в целом, а также изложение логики и методического инструментария измерения и расчета этих показателей.

Настоящее исследование основано на изучении технико-экономических характеристик лишь уличных приборов, массово применяемых для освещения дорог, улиц и дворов. Светильники со специфическим функционалом (праздничное освещение, освещение зон отдыха и т.п.) здесь не учитываются. Качественные характеристики светового излучения и их влияние на технико-

экономическую эффективность систем наружного освещения в данной работе не рассматриваются, так как это требует более глубокого предварительного изучения и верификации связи качественных характеристик освещения с конкретными видами пользы ими создаваемых.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основным продуктом функционирования приборов и систем наружного освещения является излучаемый в определенном спектре световой поток. Световой поток выступает в качестве социально-экономического блага, обеспечивающего создание различных видов пользы преимущественно в ночное время суток для целей жизнедеятельности граждан, бизнеса, организаций общественного сектора экономики, органов публичного управления и общества в целом. В качестве видов пользы можно различать, например, повышение безопасности движения (перемещения в пространстве), повышение безопасности здоровья и имущества от посягательств асоциальных лиц, повышение скорости движения (перемещения в пространстве). При этом следует отметить, что изучение и оценка видов пользы, диапазонов потребности в них потребителей и издержек, обеспечивающих их создание, относится к предмету социально-экономической эффективности функционирования систем наружного освещения в силу их непосредственного предназначения

удовлетворять нужды конкретных потребителей. С точки зрения технико-экономической эффективности систем наружного освещения в силу их физико-технической природы, предназначенной создавать световой поток определенного объема с заданными качественными характеристиками, способный обеспечивать получение требуемого объема пользы определенного вида, предметом изучения и оценки выступают категории (виды) световых потоков, необходимые диапазоны количественных и качественных характеристик светового излучения, а также издержки, необходимые для их получения. Категории социально-

экономической эффективности первичны по отношению к категориям технико-экономической эффективности.

Таким образом, традиционно система показателей технико-экономической эффективности приборов и систем наружного освещения предполагает собой изучение и оценку соотношения необходимых объемов светового излучения при сопоставимых значениях его качественных характеристик с затратами разных видов ресурсов. Рассмотрим пример фрагментов двух потенциальных вариантов систем наружного освещения г. Ижевска (табл. 1).

Таблица 1

Исходные данные для оценки технико-экономической эффективности вариантов систем наружного освещения территории

Показатели	Модели светильников (1 вариант)			Итого (в сред- нем)	Модели светильников (2 вариант)			Итого (в сред- нем)
	LED Гроза 80	LED Гроза 100	LED Гроза 150		LED Волна 80	LED Волна 100	LED Волна 150	
Количество светильников, шт.	3900	9350	340	13590	3900	9350	340	13590
Средняя цена с НДС (включая монтаж), тыс. руб./шт.	9	15	21	13	13	22	30	20
Средний световой поток, люмен	12000	15600	22400	14737	11600	15500	22500	14556
Средний срок службы светильников, тыс. часов	40	40	40	40	70	70	70	70

Количество часов работы в году, час	2765	2765	2765	2765	2765	2765	2765	2765
Средний срок службы светильников, лет	14,5	14,5	14,5	14,5	25,3	25,3	25,3	25,3
Первоначальная стоимость светильников, млн. руб.	35,1	140,3	7,1	182,5	50,7	205,7	10,2	266,6
Суммарный световой поток, млн. люмен	46,8	145,9	7,6	200,3	45,2	144,9	7,7	197,8
Суммарная мощность, кВт	312	935	51	1298	312	935	51	1298
Суммарная светоотдача светильников за весь срок службы, млрд. люмен*час	1872	5834	305	8011	3167	10145	536	13847
Годовая светоотдача светильников, млрд. люмен*час	129,4	403,3	21,1	553,8	125,1	400,7	21,2	547,0
Потребление электроэнергии в год, МВт*час	863	2585	141	3589	863	2585	141	3589

Источник: составлено авторами на основании данных о потребностях в модернизации систем наружного освещения г. Ижевска и обобщения данных сайтов производителей и продавцов о ценах и технико-экономических характеристиках приборов освещения.

Первый вариант предполагает собой оснащение светоточек

муниципального образования светодиодными светильниками среднего ценового сегмента, второй вариант – высокого ценового сегмента. В результате преимущества первого варианта состоят в более низких объемах инвестиций в модернизацию светоточек, а второго – в более длительных сроках службы полученных улучшений. Кроме этого, суммарная светоотдача за весь срок службы

улучшений во втором варианте значительно выше, чем в первом. Остальные технико-экономические параметры вариантов систем примерно идентичны.

Рассмотрим систему традиционных показателей технико-экономической эффективности систем наружного освещения (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная оценка технико-экономической эффективности вариантов наружного освещения территории по традиционной системе показателей

Показатели	Модели светильников (1 вариант)			Итого (в среднем)	Модели светильников (2 вариант)			Итого (в среднем)
	LED Гроза 80	LED Гроза 100	LED Гроза 150		LED Волна 80	LED Волна 100	LED Волна 150	
Светоотдача на 1 руб. первоначальной стоимости светильников, тыс. люмен*час/руб.	53,3	41,6	42,7	43,9	62,5	49,3	52,5	51,9
Светоотдача на 1 Вт израсходованной энергии, люмен/Вт	150	156	149	154	145	155	150	152
Годовые затраты на электроэнергию, тыс. руб./год	7419	22233	1213	30865	7419	22233	1213	30865
Годовая стоимость износа светильников, тыс. руб./год	2426	9695	494	12615	2003	8125	403	10531
Годовая светоотдача на 1 руб. годовых издержек на электроэнергию и износ светильников, тыс. люмен*час/руб.	13,14	12,63	12,34	12,74	13,28	13,20	13,09	13,21

Источник: результаты расчетов авторов.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что светильники из высокого ценового сегмента обеспечивают значительно более высокую

отдачу светом на каждый инвестированный в них рубль, а светильники из среднего ценового сегмента в наших расчетах обеспечивают более высокую светоотдачу на 1 Вт и на 1 руб. израсходованной электроэнергии. Наиболее общим и универсальным в традиционной концепции является показатель годовой светоотдачи на 1 руб. совокупных годовых издержек, который позволяет получать сопоставимую стоимостную оценку соотношения общих результатов и затрат функционирования приборов и систем наружного освещения. Согласно расчетам, вариант системы наружного освещения с применением светильников из высокого ценового сегмента получается в целом чуть более привлекательным.

Представленная в таблицах 1 и 2 система показателей не позволяет унифицировать и упростить как подсчет количества светильников в системах наружного освещения, так и обеспечить сопоставимость частных результативных показателей технико-экономической эффективности для целей их анализа и принятия решений. Основными результативными показателями при этом выступают потребляемая мощность и световой поток, которые могут существенно различаться как в разрезе типов, так и брендов одного типа светильников. Кроме этого, могут различаться спектры светового потока и другие его качественные характеристики, что в предмет нашего исследования, впрочем, не входит.

Устранение несопоставимости потребляемой мощности и излучаемого светового потока разными марками светильников возможно на основе приведения их к общему знаменателю (измерителю) соответственно либо по мощности, либо по световому излучению. В результате нами выбран второй вариант и предлагается ввести понятие «условный светильник». Условный светильник – это такой светильник, который излучает световой поток в объеме 15000 люмен. Условный светильник, как нам представляется, по своим качественным характеристикам должен идеально соответствовать современному светодиодному светильнику дневного спектра излучения среднего ценового сегмента номинальной мощностью 100 Вт. При этом под «светильником» нами понимается весь прибор освещения в сборе с лампой.

Таким образом, получается, что, например, один светодиодный светильник марки LED Гроза 100 излучает световой поток 15600 люмен (потребляемая мощность 100 Вт). Тогда, его количество, измеренное в условных светильниках, составит 1,04 усл. св. (15600 люмен / 15000 люмен). Соответственно, один газоразрядный светильник марки ЖКУ 150, излучающий световой поток 15000 люмен (мощность 150 Вт), измеренный в условных светильниках, составит 1,0 усл. св. (15000 люмен / 15000 люмен), а один ртутный светильник марки РКУ 250 со световым

потоком 13000 люмен (мощность 250 Вт) составит 0,87 усл. св. По аналогии любые светильники в любом их количестве могут быть пересчитаны в условные светильники.

Рассмотрим методический инструментарий и пример оценки

технико-экономической эффективности фрагментов двух конкурирующих вариантов систем наружного освещения г. Ижевска согласно концепции «условный светильник» (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная оценка технико-экономической эффективности вариантов системы наружного освещения по концепции «условный светильник»

Показатели	Модели светильников (1 вариант)			Итого (в среднем)	Модели светильников (2 вариант)			Итого (в среднем)
	LED Гроза 80	LED Гроза 100	LED Гроза 150		LED Волна 80	LED Волна 100	LED Волна 150	
Количество условных светильников в одном светильнике, усл. св./шт.	0,80	1,04	1,49	0,98	0,77	1,03	1,50	0,97
Количество условных светильников всего, усл. св.	3120	9724	508	13352	3016	9662	510	13188
Годовое потребление электроэнергии одним условным светильником, кВт*ч/усл. св.	277	266	278	269	286	268	277	272
Годовые затраты электроэнергии на один условный светильник, руб./усл. св.	2378	2286	2389	2312	2460	2301	2378	2340
Средняя цена одного условного светильника, руб./усл. св.	11250	14423	14063	13668	16810	21290	20000	20216

Суммарная светоотдача за весь срок службы одного усл. св., млн. люмен*час/усл. св.	600	600	600	600	1050	1050	1050	1050
Годовая светоотдача одного условного светильника, млн. люмен*час/ усл. св.	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5
Годовая стоимость износа условного светильника, руб./усл. св.	778	997	972	945	664	841	790	799
Сумма годовых издержек на электроэнергию и износ условного светильника, руб./усл. св.	3156	3283	3361	3256	3124	3142	3168	3139

Источник: результаты расчетов авторов.

Представленные в таблице 3 показатели позволяют существенно дополнить расчетно-аналитические данные для целей анализа и принятия решений. В первую очередь упрощается подсчет и определение в сопоставимой оценке количества становящихся наиболее распространенными в системах наружного освещения муниципальных образований источников света (световых приборов) – светодиодных светильников, излучающих световой поток в

объеме 15 тыс. люмен. Кроме того, являясь сопоставимыми по общему знаменателю, в качестве которого выступает «условный светильник», значения показателей могут быть визуально легко подвергнуты сравнительному технико-экономическому анализу как в разрезе различных типов и брендов источников света (горизонтальный анализ), так и в разрезе системы показателей по определенно взятой марке светильника (вертикальный анализ). По нашему мнению, ученые, занятые исследованиями в области инженерных наук, смогут использовать

концепцию «условного светильника» также для разработки других технических и технико-экономических показателей.

Недостатком концепции «условного светильника» является недоучет фактора срока службы различных типов и брендов светильников. Данная проблема может быть решена на основе концепции «эталонного светильника». «Эталонный светильник» – это такой светильник, который имеет средний срок службы 50 тыс. часов, в течение которого он обеспечивает излучение светового потока в среднем в объеме 15 тыс. люмен. Как нам представляется, такой светильник соответствует перспективному светодиодному светильнику дневного спектра излучения среднего ценового сегмента номинальной мощностью 100 Вт. В результате, любой светильник любого типа и бренда может быть пересчитан в эталонные светильники как частное от деления произведения среднего срока службы и светового потока светильника определенной марки на произведение среднего срока службы (50 тыс. час) и светового потока (15 тыс. люмен) эталонного светильника.

Таким образом, получается, что, например, один светодиодный светильник марки LED Гроза 100 имеет средний срок службы 40 тыс. часов и излучает световой поток 15600 люмен (потребляемая мощность 100 Вт). Тогда, его количество, измеренное в эталонных светильниках, составит 0,83 эт. св. ($40000 \text{ час.} * 15600 \text{ люмен} / 50000 \text{ час.} / 15000 \text{ люмен}$). Соответственно, один газоразрядный светильник марки ЖКУ 150, имеющий срок службы 30 тыс. час и излучающий световой поток 15000 люмен (мощность 150 Вт), измеренный в эталонных светильниках, составит 0,6 эт. св. ($30000 \text{ час.} * 15000 \text{ люмен} / 50000 \text{ час.} / 15000 \text{ люмен}$), а один ртутный светильник марки РКУ 250 со средним сроком службы 20 тыс. часов и световым потоком 13000 люмен (мощность 250 Вт) составит 0,35 эт. св. По аналогии любые светильники в любом их количестве могут быть пересчитаны в эталонные светильники.

Рассмотрим методический инструментарий и пример оценки технико-экономической эффективности фрагментов двух потенциальных вариантов систем наружного освещения г. Ижевска согласно концепции «эталонный светильник» (табл. 4).

Таблица 4

Сравнительная оценка технико-экономической эффективности вариантов системы наружного освещения в соответствии с концепцией «эталонный светильник»

Показатели	Модели светильников (1 вариант)			Итого (в среднем)	Модели светильников (2 вариант)			Итого (в среднем)
	LED Гроза 80	LED Гроза 100	LED Гроза 150		LED Волна 80	LED Волна 100	LED Волна 150	
Количество эталонных светильников в одном светильнике, эт. св./шт.	0,64	0,83	1,19	0,79	1,08	1,45	2,10	1,36
Количество эталонных светильников всего, эт. св.	2496	7779	406	10681	4222	13526	714	18463
Суммарное потребление электроэнергии светильниками за весь срок службы, МВт*ч	12480	37400	2040	51920	21840	65450	3570	90860
Потребление электроэнергии одним эталонным светильником, кВт*ч/эт. св.	5000	4808	5022	4861	5172	4839	5000	4921
Стоимость потребляемой светильниками электроэнергии за весь срок службы, млн. руб.	107,3	321,6	17,5	446,5	187,8	562,9	30,7	781,4
Средняя цена одного эталонного светильника, руб./эт. св.	14,1	18,0	17,6	17,1	12,0	15,2	14,3	14,4

Стоимость электроэнергии, потребляемой эталонным светильником, тыс. руб./эт. св.	43,0	41,3	43,2	41,8	44,5	41,6	43,0	42,3
Светоотдача одного эталонного светильника, млн. люмен*час/эт. св.	750	750	750	750	750	750	750	750
Издержки на полное восстановление и эксплуатацию эталонного светильника, тыс. руб./эт. св.	57,1	59,4	60,8	58,9	56,5	56,8	57,3	56,8
Светоотдача на один рубль издержек эталонного светильника, тыс. люмен*час/руб.	13,1	12,6	12,3	12,7	13,3	13,2	13,1	13,2

Источник: результаты расчетов авторов.

Данные таблицы 4 свидетельствуют о том, что использование концепции «эталонного светильника» позволяет, во-первых, упрощать подсчет и определять в сопоставимой оценке имеющееся (требуемое) количество светильников в системах наружного освещения муниципальных образований вне зависимости от их типа, бренда и ожидаемого (нормативного) срока службы. Во-вторых, как и в случае с концепцией «условного светильника», полученная унифицированная система основных технико-экономических

показателей упрощает вертикальный и горизонтальный анализ (оценку) эффективности разнородных по типам, брендам и срокам службы как отдельных частей и в целом систем наружного освещения муниципальных образований, так и отдельно взятых световых приборов.

Тем не менее, как было отмечено выше, концепции как «условного светильника», так «эталонного светильника» не позволяют обеспечить сопоставимую оценку технико-экономической эффективности разнородных по качественным техническим характеристикам приборов и систем наружного освещения, что

требует проработки концепции, как нам представляется, «универсального светильника».

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного исследования показывают, что предложенные в работе унифицированные системы показателей и методический инструментарий их измерения и расчета позволяют получить сопоставимую и визуально упрощенную для восприятия расчетно-аналитическую и информационную основу для вынесения суждений о технико-экономической состоятельности и эффективности отдельных территориально или конструктивно обособленных частей систем наружного освещения муниципальных образований и иных организаций, а также для разработки и принятия эффективных управленческих решений по восстановлению, реконструкции или модернизации таких систем или их частей. Представленный в работе инструментарий может быть

в перспективе использован при разработке инструкций и рекомендаций по оценке технико-экономической эффективности как функционирующих систем освещения, так и проектов таких систем.

Дальнейшие исследования по совершенствованию инструментария оценки технико-экономической эффективности систем освещения могут быть связаны как с уточнением концепций «условного светильника» и «эталонного светильника», так и с дополнением перечня показателей эффективности согласно этим концепциям; с разработкой концепции «универсального светильника»; с разработкой методического инструментария динамической технико-экономической эффективности, позволяющей учитывать в смысловом содержании критериев и показателей эффективности влияние фактора времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kondratiev D.V., Osipov A.K., Gainutdinova E.A., Abasheva O.V., Ostaev G.Ya. Criteria and indicators of synergistic efficiency of food industry enterprise management // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 949. P. 012080. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/949/1/012080>
2. Kondratiev D.V., Ostaev G.Y., Khosiev B.N., Tegetaeva O.R., Basieva L.V. The efficiency assessment methodic of expenses budget financing on the chemicals acquisition by agricultural producers // Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. Vol. 622. P. 683-695. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-28086-3_63
3. Кондратьев Д.В., Чазова И.Ю., Гайнутдинова Е.А. Критерии и показатели оценки экономической эффективности систем наружного освещения муниципальных образований // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. 2024. Т. 34. № 1. С. 100-106. URL: <https://doi.org/10.35634/2412-9593-2024-34-1-100-106>

4. Lobão J.A., Devezas T., Catalão J.P.S. [Decision support in the investment analysis on efficient and sustainable street lighting // IFIP Advances in Information and Communication Technology](#). 2014. Vol. 423. P. 345-352. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-54734-8_38
5. Valiullin K.R. [The system of indicators of street lighting systems energy efficiency // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science](#). 2020. Vol. 791. P. 012048. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/791/1/012048>
6. Moral-Carcedo J., Pérez-García J. [Measuring aggregate electricity savings from the diffusion of more efficient lighting technologies // Energy Efficiency](#). 2021. Vol. 14. No 7. URL: <https://doi.org/10.1007/s12053-021-09983-8>
7. Rustemli S., Demir Yu. [Comparative analysis of lighting installations used in road illumination // Light & Engineering](#). 2021. Vol. 29. No. 6. P. 86-94. URL: <https://doi.org/10.33383/2021-043>
8. Рудченко Ю.А., Рудченко Г.А. Методический подход к анализу экономической эффективности внедрения современных источников света // Экономика. Бизнес. Финансы. 2019. № 6. С. 25-30. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41123857_29541604.pdf
9. Козловская В.Б., Калечиц В.Н. Энергоэффективные источники света в системе наружного освещения // Энергия и менеджмент. 2014. № 2. С. 8-13. URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/19710/%D0%A1.%208-13.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
10. Vagin G.Ya., Solntsev E.B., Malafeev O.Yu. [Analysing criteria for choosing energy efficient high quality light sources and luminaires // Light & Engineering](#). 2018. vol. 26. no. 1. P. 113-119. URL: <https://doi.org/10.33383/2017-007>
11. Марабаева Л.В., Сыроева Е.А. [Энергоэффективность светотехнической продукции: мировые тенденции и российская практика // Мировая экономика и международные отношения](#). 2018. Т. 62. № 3. С. 98-107. URL: <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2018-62-3-98-107>
12. Сапронов А.А., Никуличев А.Ю., Лещенко А.Г., Волкова О.В., Стуженко Н.И. [Оценка экономической эффективности мероприятий по модернизации сетей наружного освещения // Известия высших учебных заведений. Электромеханика](#). 2014. № 3. С. 81-82. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_21752773_16044900.pdf
13. Кротенко Е.А., Свешников В.В. [Замена газоразрядных ламп высокого напряжения на светодиодные с целью снижения влияния на окружающую среду // Международный технико-экономический журнал](#). 2019. № 2. С. 67-74. URL: <https://doi.org/10.34286/1995-4646-2019-65-2-67-74>
14. Chakraborty S., Mazumdar S. [Introduction to the new energy efficient class for road lighting in indian context // Light & Engineering](#). 2021. vol. 29. no. 3. P. 135-145. URL: <https://doi.org/10.33383/2020-082>

15. Richter J.L., Van buskirk R., Dalhammar C., Bennich P. [Optimal durability in least life cycle cost methods: the case of led lamps](#) // [Energy Efficiency](#). 2019. vol. 12. no. 1. P. 107-121. [URL: https://doi.org/10.1007/s12053-018-9662-4](https://doi.org/10.1007/s12053-018-9662-4)

