

Е.А. Абдрахманов<sup>1</sup>, Д.Е.Смирнов<sup>2</sup><sup>1</sup>Казахская академия транспорта и коммуникации им. М. Тынышпаева<sup>2</sup>ТОО «Increase Food», Алматы, Казахстан

(E-mail:yerkeshe\_a@mail.ru)

## Эффективность замены традиционных источников освещения территории производственного предприятия на светодиодные

**Аннотация.** Проведены сравнительные расчет и анализ освещенности и 3D-визуализации фиктивных цветов применения светодиодных светильников типа ДКУ 12–80 взамен ДРЛ типа РКУ11–250–001 для освещения территории производственного предприятия. При использовании светодиодных светильников электропотребление в 2,5 раза меньше, освещенность дороги более равномерная, чем при использовании светильников ДРЛ. Срок окупаемости светодиодных светильников за счет экономии электропотребления составляет 2,8 года.

**Ключевые слова:** освещение территории, традиционный светильник, светодиодный светильник, освещенность, 3D-визуализация, фиктивный цвет, электросбережение, экономия.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-68-36-2020-133-4-76-84>

В настоящее время энергосбережение и повышение энергоэффективности являются стратегическими задачами нашего государства, требующими реализации организационных, технических, технологических, экономических и других мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов [1,2].

В связи с этим в свете государственной политики энергосбережения и повышения энергоэффективности модернизация существующих энергозатратных осветительных систем посредством применения качественных и экономичных осветительных приборов является актуальной задачей.

Современные системы уличного освещения в городах и населенных пунктах являются достаточно энергоемкими инженерными системами. Поэтому мероприятия по энергосбережению в них приносят ощутимый экономический эффект. Важнейшим условием снижения электропотребления в осветительных установках является переход на использование современных экономичных источников света и светильников [3].

В настоящее время для уличного освещения продолжают использовать различные виды газоразрядных светильников. Сравнительный анализ использующихся в уличном освещении разных типов ламп представлен в таблице 1.

Как видно из представленных данных, самым перспективным направлением в освещении является внедрение светодиодов. Светодиодные светильники обладают высокой экономичностью энергопотребления и являются экологически чистыми, не требуют специальных условий по обслуживанию и утилизации.

Таблица 1 - Сравнение разных типов ламп, использующихся в уличном освещении

Тип лампы, характеристика	ЛН лампа накаливания	ДРЛ	ДРИ	ДНАТ низкого давления	ДНАТ высокого давления	Светодиодный светильник
Экономичность	низкая	средняя	средняя	высокая	средняя	высокая
Цветопередача	отличная	хорошая	отличная	плохая	хорошая	отличная

<i>Светоотдача, Лм/Вт</i>	13	30-60	70-95	До 200	До 150	До 150
<i>Период эксплуатации</i>	короткий (1000 ч)	значительны й (до 12000 ч)	значительны й (до 15000 ч)	значительны й (до 32 000 ч)	значительны й (до 32 000 ч)	длительн ый (до 80000 ч)
<i>Возможность плавной регуляции мощности</i>	да	нет	нет	нет	нет	да
<i>Зажигание, перезажигание</i>	быстрое	длительное	длительное	длительное	длительное	быстрое
<i>Наличие ртути</i>	нет	да	да	нет	сильно уменьшено или отсутствует	нет

Срок их службы, даже до 50 % снижения светового потока, значительно превосходит имеющиеся аналоги: срок непрерывной работы составляет > 80 тыс. часов, т.е. не менее 25 лет из расчета 10 часов работы в день.

Кроме того, светодиодные светильники, в отличие от газоразрядных, имеют возможность регулирования яркости за счет снижения питающего напряжения, что важно для экономии электроэнергии в ночное время за счет уменьшения освещенности на 30-50%.

В условиях промышленного предприятия светодиодные светильники показывают наибольшую экономию при замене светильников с ртутными лампами мощностью 700 или 1000 Вт.

К преимуществам светодиодных светильников, в отличие от ртутных, металлогалогенных или натриевых, также относятся возможности изменения по команде, без технических сложностей, светового потока и мощности (т.е. диммироваться). За счет этого можно увеличить экономию электроэнергии до 75% [4].

Выпускаются различные модификации энергосберегающих ламп, отличающиеся техническими особенностями и позволяющие использовать их как в стандартных, так и специальных светильниках. Основными энергосберегающими лампами являются галогенные, светодиодные и компактные люминесцентные. Все три вида обладают высоким качеством освещения, малым электропотреблением (до 25 Вт) и длительным сроком службы (минимум в 8 раз превосходят лампы накаливания) [5].

Средний срок службы обычной лампы накаливания — несколько месяцев, энергосберегающих - несколько лет, светодиодных - 10–20 лет. Другим неоспоримым преимуществом LED-ламп является электропотребление, которое на порядок ниже.

Организация наружного освещения всегда создает множество проблем как для коммунальных служб, так и для владельцев частных домов. Это не только вопросы экономии электроэнергии и монтажа, но и максимально удобного и комфортного дальнейшего сервисного обслуживания, а также внешнего дизайна. Решить отмеченные проблемы могут прогрессивные современные светодиоды с большим выбором дизайна и размеров светильников [6].

Все большее распространение получают светодиодные светильники для освещения городских улиц, общественных пространств, внутридомовых территорий. Их экономичность, по сравнению с обычными, составляет 35-40%. Также они, более ярко освещая дороги, создают

улучшенную видимость и безопасность для водителей автотранспорта, а также удобства для пешеходов. Например, в Нурсултане число установленных светодиодных точек составляет 47 тыс. В 2020 году в столице запланированы установка 10 тысяч светодиодных приборов и благоустройство порядка 150 дворов и 50 общественных пространств (парки, скверы). В течение 3-х лет планируется завершить работу по светодиодному освещению по всему городу [7].

По техническим параметрам светодиодные светильники достаточно хорошо подходят для применения в самых разнообразных условиях. Высокая цена LED светильников вполне компенсируется низкими эксплуатационными расходами [8].

Замена в определенном осветительном приборе лампы одного типа на лампу другого типа в совокупности с нестабильным напряжением приводит к изменению распределения силы света, что может потребовать корректировки схем расположения осветительных приборов (количества световых точек для ламп накаливания и светодиодных ламп, а для компактных люминесцентных ламп - еще и высоты подвеса) [9].

На открытых площадках, автомобильных дорогах, пешеходных зонах, подъездных путях к зданиям, погрузочно-разгрузочных зонах, стоянках нормы по процентному соотношению наиболее и наименее освещенных точек не устанавливаются. В соответствии со строительными нормами и правилами СНиП РК они должны иметь среднюю освещенность не менее 10 люкс.

Критерием выбора вида, модели и мощности светильников для наружного освещения является размер освещаемой поверхности. Также важным параметром при выборе таких светильников является их экономичность.

Участки дорог, открытые площади территории ТОО «Increase Food» освещены светильниками – консольными ЖКУ/ГКУ/РКУ или подвесными (ГСУ, ЖСУ) мощностью от 70 до 250 Вт. На системы освещения территории идет очень большая нагрузка, поэтому замена традиционных видов светильников на светодиодные в свете вышеприведенного анализа является актуальной задачей.

Для обоснования предлагаемой замены рассмотрены варианты организации освещения территории предприятия традиционными и инновационными осветительными приборами.

Поперечный профиль и размеры рассматриваемой межцеховой территории показаны на рисунке 1 и в таблице 2.

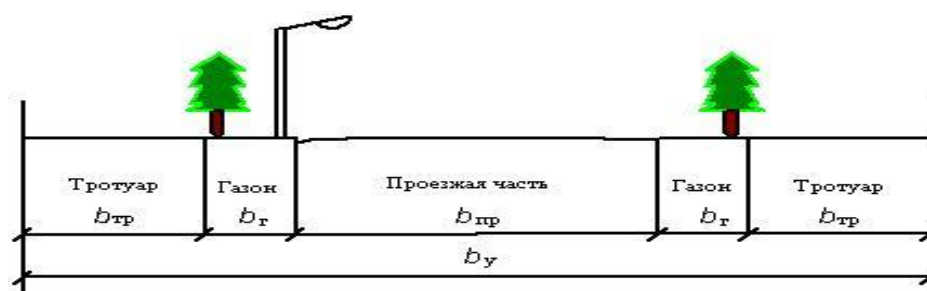


Рисунок 1 - Поперечный профиль межцеховой территории

Таблица 2 – Размеры межцеховой территории

Ширина улицы, $b_y$	Ширина проезжей части, $b_{пр}$	Ширина газона, $b_g$	Ширина тротуара, $b_{тр}$
10м	6м	1м	1м

В расчетах принята односторонняя схема размещения светильников, то есть расположение светильников на опорах с одной стороны проезжей части.

Поперечный профиль проезжей части и ее размеры представлены на рисунке 2.

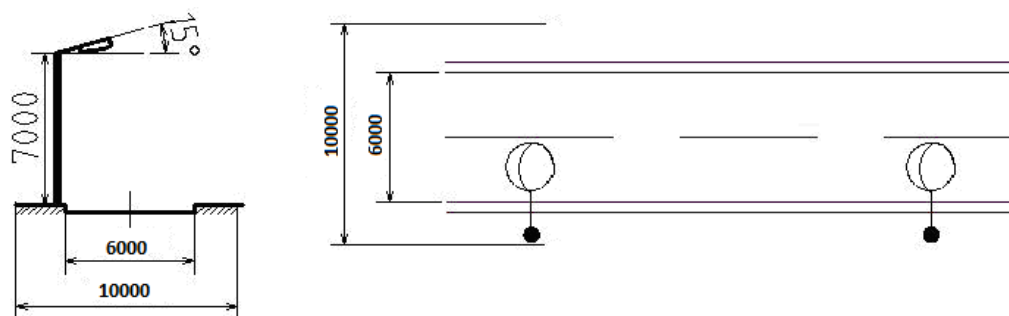


Рисунок 2 - Поперечный профиль проезжей части и размеры

Категория улицы - В – улицы и дороги местного значения, интенсивность движения транспорта – одиночные автомобили, автокары [10]. Для ограничения слепящего действия, согласно рекомендациям типовых решений, для данной улицы высота установки светильника принята  $H = 7$  м.

Для наружного освещения дорог рекомендуется следующее:

- натриевые лампы целесообразно использовать при средней яркости покрытия 0,4– 1,6 кд/м<sup>2</sup> или средней освещенности 4 Лк и выше;
- лампы ДРИ – на улицах и площадях со значительным пешеходным движением при средней яркости покрытия 0,6 кд/м<sup>2</sup> и выше или средней освещенности 10 Лк и выше;
- лампы ДРЛ – на улицах и дорогах всех категорий.

В качестве традиционного выбран тип светильника РКУ11–250–001 фирмы ОАО «Ардатовский светотехнический завод», мощность и тип источника света ДРЛ– 250. Для сравнения рассмотрен источник света типа ДКУ 12–80, мощность и тип источника света LED–80. Светотехнический расчет проведен методом коэффициента использования светового потока. Расчет расстояния между осветительными приборами по средней освещенности дает:

$$d = \frac{1}{\pi \cdot E_n \cdot b \cdot K_3} \sum_{i=1}^M u_{Ei} \cdot \Phi_{Li} \cdot m_i = \frac{1}{3,14 \cdot 10 \cdot 6 \cdot 1,5} \sum_{i=1}^1 0,61 \cdot 10700 \cdot 1 = 23 \text{ м.}$$

где  $E_n$ – нормируемая средняя освещенность, Лк;

$u_E$  – коэффициент использования по освещенности для осветительного прибора  $i$ -го ряда,  $u_{Ei} = 0,61$ ;

$b$ - ширина проезжей части, 6 м;

$K_3$  - коэффициент запаса, равный 1,5;

$\Phi_{Li}$  - световой поток лампы осветительного прибора  $i$ -го ряда,  $\Phi_{Li} = 10700$  Лм;

$m$ - число осветительных приборов на опоре, относящейся к  $i$ -му ряду;

$m = 1$ ;

$u_{Li}$  – коэффициент использования по яркости осветительного прибора  $i$ -го ряда определяется схемой размещения светильников по таблицам значения коэффициента использования светильников наружного освещения по яркости в зависимости от отношения ширины дорог к высоте установки светильников.

При определенном расстоянии между опорами для улицы длиной 300 м количество опор получается  $300/23 \approx 13$  штук. Мощность, приходящаяся на 300 м улицы при традиционном освещении, -  $13 \times 250 \text{ Вт} = 3250 \text{ Вт}$ . При использовании LED-80 удельная мощность, приходящаяся на 300 м улицы, -  $13 \times 100 \text{ Вт} = 1300 \text{ Вт}$ , т.е. меньше в 2,5 раза.

Результаты расчета в виде изолиний освещенности и фиктивных цветов 3D визуализации, проведенного с помощью программы DIALux 4.11, представлены на рисунках 3 и 4.

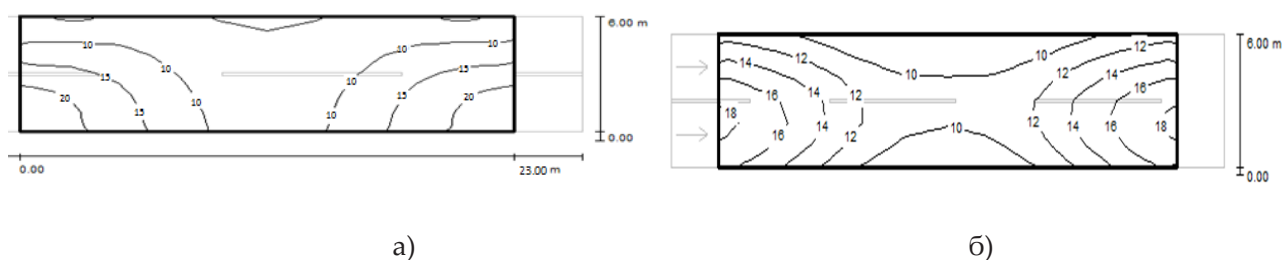


Рисунок 3 – Изолинии

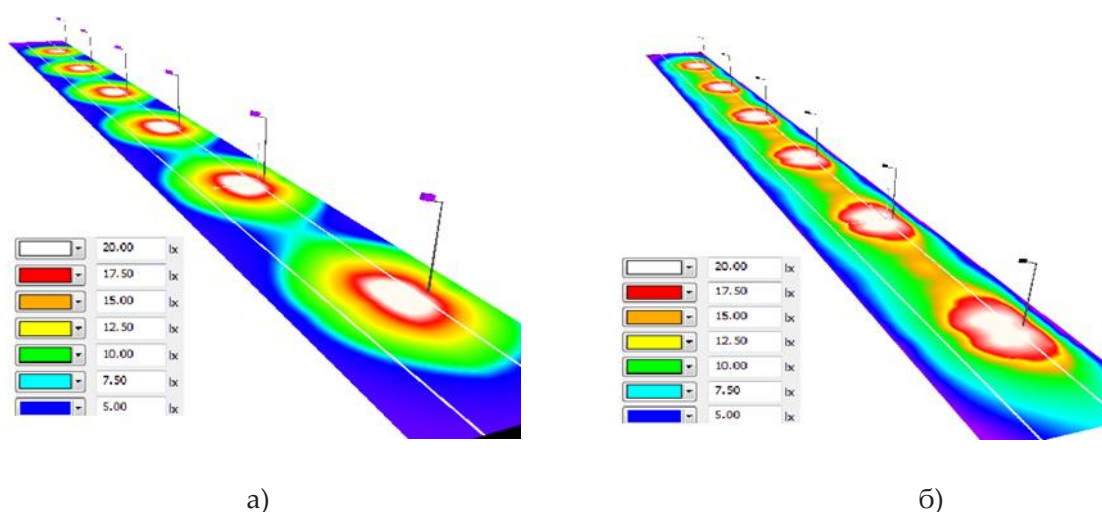


Рисунок 4 - Фиктивные цвета – визуализация

Как видно из рис. 4, отображение освещаемой территории в фиктивных цветах позволяет оценить качество освещения и точно определить недоосвещенные и переосвещенные зоны.

Анализ распределения изолиний освещения и 3D визуализации показывает, что при традиционном способе освещение дороги неравномерно и составляет  $E=5-20 \text{ Лк}$ , по пешеходной зоне  $E=5-10 \text{ Лк}$ . Причем освещенность по центру проезжей части между опорами от точки расположения светильника снижается до  $10 \text{ Лк}$ , по краю – до  $5 \text{ Лк}$ .

Светотехнический расчет показал, что установленные мощности светодиодных светильников  $P_{\text{у}}=100 \text{ Вт}$  способны обеспечить заданные уровни освещенности улиц и пешеходной зоны. При использовании светодиодных светильников нормированная освещенность выдерживается на всей расчетной поверхности дороги, выравниваясь и изменяясь в пределах  $10-20 \text{ Лк}$  на проезжей части дороги. Причем освещенность между опорами увеличивается до  $15 \text{ Лк}$ .

Аналогичные расчеты позволили для освещения парковки выбрать светильники фирмы ASTZ типа ДКУ12-100-01 с характеристиками: световой поток  $10290 \text{ Лм}$ , мощность  $100 \text{ Вт}$ . Уличные LED светильники ДКУ-12-100-01 предназначены для замены традиционных



светильников с лампами типа ДРЛ-250, ДНаТ-150 при освещении дорог, улиц, тротуаров, скверов и парков, дворов, автомобильных парковок, АЗС, железнодорожных перронов и платформ, спортивных сооружений, промышленных объектов и др.

Расчёт срока окупаемости при модернизации системы внешнего освещения представлен в таблице 4.

Таблица 4 - Расчет экономии от замены ДРЛ 250 на светодиодные светильники

Наименование	Ед.измерения	Величина
1	2	3
Мощность 1 светодиодной лампы ДКУ 100	кВт	0,1
Суммарная мощность светодиодных ламп ДКУ 100 (23шт)	кВт	2,3
Расход электрической энергии светодиодными лампами в год ДКУ 100	кВт*ч	10074
Затраты на оплату электрической энергии в год светодиодные лампы ДКУ 100	тыс.тенге	193,12
Стоимость 1 светодиодной лампы ДКУ 100	тенге	35 000
Затраты на покупку светодиодных ламп ДКУ 100 (23шт)	тыс.тенге	805
Экономия электрической энергии в год при замене ДРЛ 250 на светодиодные 100	кВт*ч	15111
Экономия на оплату электрической энергии в год при замене ДРЛ 250 на светодиодные 100	тыс.тенге	289678
Общая окупаемость замены ДРЛ на светодиодные	года	2,8

Как видно из нее, затраты на замену светильников ДРЛ освещения территории предприятия на светодиодные окупаются в течение 2,8 года.

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Светодиодные светильники получают все большее распространение для наружного освещения: городских улиц, общественных пространств, территорий

предприятий, внутридомовых территорий и др. Они обладают высокой экономичностью энергопотребления, являются экологически чистыми и не требуют специальных условий по обслуживанию и утилизации. Высокая цена LED светильников вполне компенсируется низкими эксплуатационными расходами. При замене определенных осветительных приборов на другие типы (на светодиодные) из-за изменения светораспределения требуется корректировка по схемам расположения световых точек (количеству, высоте и др.).

На основании расчетов освещения территории предприятия методом коэффициента использования светового потока и при помощи программы Dialux для замены существующих ДРЛ светильников типа РКУ11-250-001 выбрано светодиодное освещение, состоящее из 13 опор со светильниками типа ДКУ 12-80.

Анализ распределения изолиний освещения и 3D визуализации показывают, что при традиционном освещении светильниками ДРЛ дороги светораспределение неравномерно и недостаточно как по ширине, так и вдоль дороги.

При использовании светодиодных светильников нормированная освещенность выдерживается на всей расчетной поверхности дороги. Применяемые светодиодные светильники с установленной мощностью  $P_{у}=100$  Вт обеспечивают заданные уровни освещенности улиц и пешеходной зоны. При этом каждый светодиодный светильник потребляет на 150 Вт (в 2,5 раза) меньше мощности, чем ДРЛ, к тому же дорога освещается лучше. Затраты на замену светильников ДРЛ освещения территории предприятия на светодиодные окупаются в течение 2,8 года.

## Список литературы

1. Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности».
2. «Энергосберегающие мероприятия в электроприводе и электротехнологии». Приказ Председателя Комитета государственного энергетического надзора Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан от «24» ноября 2010 года №117-П.
3. Обзор рынка ламп, использующихся в установках наружного освещения. [Электрон. ресурс]. [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=15](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=15) (дата обращения: 15.11.2020).
4. Промышленные светильники [Электрон. ресурс]. <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/industrial-luminaires/>(дата обращения: 15.11.2020).
5. Энергосберегающее освещение – Алтайэнергосбыт [Электрон. ресурс]. [https://altaiensb.com/energy\\_sber/informatsiya\\_o\\_tsentre\\_energoberezheniya/energoberegayushchee\\_osveshchenie/?clear\\_cache=Y](https://altaiensb.com/energy_sber/informatsiya_o_tsentre_energoberezheniya/energoberegayushchee_osveshchenie/?clear_cache=Y) (дата обращения: 17.11.2020).
6. Светодиодное наружное освещение – NLCO [Электрон. ресурс]. [http://nlco.ru/catalog/8\\_naruzhnoe-osveshenie](http://nlco.ru/catalog/8_naruzhnoe-osveshenie) (дата обращения: 19.11.2020).
7. В 2020 году в столице установят 10 тыс. энергосберегающих светодиодных светильников [Электрон. ресурс]. <https://elorda.info/city/28052020/093059/16994.html>
8. Расчет окупаемости светодиодного оборудования на ... [Электрон. ресурс] <https://www.leadlight.ru/info/energoeffektivnost-svetodiodnogo-osveshcheniya> (дата обращения: 23.11.2020).
9. Долгих П.П., Доценко Д.С., Цугленок Н.В. Влияние типа лампы и напряжения источника на светораспределение промышленного осветительного прибора и эффективность работы системы освещения // Вестник КрасГАУ. -2016. -№3. -С.66-74.
10. Нормы освещения улиц и дорог [Электронный ресурс]. <https://top-svet.ru/info/lighting-guidelines/streets-and-roads/> (дата обращения: 24.11.2020).

Е.А. Абдрахманов<sup>1</sup>, Д.Е.Смирнов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы,  
Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>«Increase Food» ЖШС, Алматы, Қазақстан

### Өнеркәсіп кәсіпорны аумағының дәстүрлі жарық көздерін жарықдиодтыға ауыстырудың тиімділігі

**Аңдатпа.** Өнеркәсіп кәсіпорнының аумағын жарықтандыру үшін RКУ11-250-001 типті DRL орнына DKU 12-80 типті жарықдиодты шамдарды қолданудың жалған түстерін жарықтандыруды және 3D-визуализацияны салыстырмалы есептеу және талдау жүргізілді. Жарықдиодты шамдарды қолданған кезде қуат шығыны 2,5 есе аз, жолдың жарықтандырылуы DRL шамдарын қолданғаннан гөрі біркелкі болады. Энергияны үнемдеуге байланысты жарықдиодты шамдардың өтелу мерзімі - 2,8 жыл.

**Түйін сөздер:** аумақты жарықтандыру, дәстүрлі шам, жарықдиодты шам, жарықтандыру, 3D визуализация, ойдан шығарылған түс, электр қуатын үнемдеу, үнемдеу.

Ye.A.Abdрахmanov<sup>1</sup>, D.Ye.Smirnov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpaeva,  
Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>TOO "Increase Food" Almaty, Kazakhstan

### Efficiency of replacing traditional lighting sources of the industrial enterprise territory with LED

**Abstract.** Comparative calculation and analysis of illumination and 3D-visualization of fictitious colors of the use of LED lamps of the DKU 12–80 type instead of the DRL type RKU11–250-001 for lighting the territory of the industrial enterprise are carried out. When using LED lamps, the power consumption is 2,5 times less, the illumination of the road is more uniform than when using DRL lamps. The payback period for LED lamps due to energy savings is 2.8 years.

**Key words:** territory lighting, traditional lamp, LED lamp, illumination, 3D visualization, fictitious color, electricity saving, economy.

### Referenses

1. Zakon Respubliki Kazakhstan ot 13 yanvarya 2012 goda № 541-IV «Ob energosberezhenii i povyshenii energoeffektivnosti». [Law of the Republic of Kazakhstan dated January 13, 2012 No. 541-IV "On energy saving and improving energy efficiency"].
2. «Energosberegayushchiye meropriyatiya v elektroprivode i elektrotekhnologii». Prikaz Predsedatelya Komiteta gosudarstvennogo energeticheskogo nadzora Ministerstva industrii i novykh tekhnologiy Respubliki Kazakhstan ot «24» noyabrya 2010 goda №117-P. ["Energy saving measures in electric drive and electrical technology". Order of the Chairman of the Committee for State Energy Supervision of the Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Kazakhstan dated November 24, 2010 No. 117-P].
3. Obzor rynka lamp, ispol'zuyushchikhsya v ustanovkakh naruzhnogo osveshcheniya [Review of the market of lamps used in outdoor lighting installations] [Electronic resource]. [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=15](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=15) (Accessed: 15.11.2020).
4. Promyshlennyye svetil'niki. [Industrial lamps] e [Electronic resource]. <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/industrial-luminaires/> (Accessed: 15.11.2020).
5. Energosberegayushcheye osveshcheniye – Altayenergobyt. [Energy-saving lighting – Altayenergobyt] [Electronic resource]. [https://altaiensb.com/energy\\_sber/informatsiya\\_o\\_tsentre\\_energoberezheniya/energoberegayushchee\\_osveshchenie/?clear\\_cache=Y](https://altaiensb.com/energy_sber/informatsiya_o_tsentre_energoberezheniya/energoberegayushchee_osveshchenie/?clear_cache=Y) (Accessed: 17.11.2020).
6. Svetodiodnoye naruzhnoye osveshcheniye – NLCO [LED outdoor lighting – NLCO] [Electronic resource]. [http://nlco.ru/catalog/8\\_naruzhnoe-osveshenie](http://nlco.ru/catalog/8_naruzhnoe-osveshenie)
7. V 2020 godu v stolitse ustanovyat 10 tys energosberegayushchikh svetodiodnykh svetil'nikov [In 2020, 10 thousand energy-saving LED lamps will be installed in the capital] [Electronic resource]. <https://elorda.info/city/28052020/093059/16994.html> (Accessed: 19.08.2017).
8. Raschet okupayemosti svetodiodnogo oborudovaniya na ... [Calculation of the payback of LED equipment on ...] [Electronic resource]. <https://www.leadlight.ru/info/energoeffektivnost-svetodiodnogo-osveshcheniya> (Accessed: 23.11.2020).
9. Dolgikh P.P. Dotsenko D.S. Tsuglenok N.V. Vliyaniye tipa lampy i napryazheniya istochnika



na svetoraspredeleniye promyshlennogo osvetitel'nogo pribora i effektivnost' raboty sistemy osveshcheniya //Vestnik KrasGAU, 2016, №3, s.66-74 – stat'ya iz zhurnala [Dolgikh P.P. Dotsenko D.S. N. V. Tsuglenok Influence of lamp type and source voltage on the light distribution of an industrial lighting device and the efficiency of the lighting system // Bulletin of KrasGAU, 2016, No. 3, p.66-74].

10. Normy osveshcheniya ulits i dorog [Standards for lighting streets and roads [Electronic resource]. <https://top-svet.ru/info/lighting-guidelines/streets-and-roads/> (Accessed: 24.11.2020).

**Сведения об авторах:**

*Абдрахманов Е.А.* - докт. техн. наук, профессор кафедры «Электроэнергетика» Казахской академии транспорта и коммуникации им. М.Тынышбаева, Алматы, Казахстан.

*Смирнов Д.Е.* - инженер, ТОО «Increase Food», Алматы, Казахстан.

*Abdrakhmanov Ye.A.* - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Power Engineering, Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan.

*Smirnov D.E.* - Engineer, Increase Food LLP, Almaty, Kazakhstan.