

УДК 621.31:664.1

DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-4-416-425

Е.А. Абдрахманов¹, Е.Д.Смирнов²

¹Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан

²ТОО Increase Food, Алматы, Казахстан

E-mail: yerkeshe_a@mail.ru

КОМПЛЕКСНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. Представлены результаты исследований комплексных энергосберегающих мероприятий на предприятии пищевой промышленности ТОО «Increase Food»: исследовано и обосновано применение в инженерно-технических помещениях светодиодных светильников ASTZ ДВО 04-36-001 PRS взамен люминесцентных ASTZ T8 ЛВО09-4x18-011 RS и для освещения территории светодиодных светильников ДКУ 02– 80 вместо традиционных светильников РКУ 11– 250-001; проведен анализ и принята автоматическая информационно-измерительная система технического учета электроэнергии (АИИС ТУЭ), содержащая устройство учёта электроэнергии, OPC-серверы счетчиков, универсальная SCADA/HMI DataRate, осуществляющая сбор, хранение, обработку и визуализацию информации и контроль эффективности расхода энергетических ресурсов; обследована и улучшена теплоизоляция трубопроводов холодильной системы $\varnothing 115, 80, 38$ мм, позволившая снизить потери холода и электроэнергии; исследованы улучшения теплосберегающих характеристик установленных стеклопакетов наклейкой на них светофильтрующей, светоотражающей и теплоотражающей пленок, позволяющие сэкономить затраты до 50% на кондиционировании и на 5-10% на отоплении.

Ключевые слова. Энергосбережение, освещение, люминесцентный светильник, светодиодный светильник, холодосбережение, автоматизированная информационно-измерительная система технического учета электроэнергии, теплосбережение.

Введение.

На современном этапе развития энергетики в соответствии с Законом РК «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» от 13 января 2012 года № 541 (с изменениями от 29.06.2020 г.), программными и нормативными документами в области энергосбережения сокращение потребления энергии является основной приоритетной задачей государственной стратегии экономии используемых энергетических ресурсов [1-3].

Значительный опыт в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности накоплен сегодня в США, Великобритании, Германии, Франции, Финляндии, Японии, Китае и ряде других стран. Изменение климата в глобальном масштабе, истощение запасов традиционных ископаемых энергоресурсов стимулируют весь мир предпринимать меры по эффективному использованию энергоресурсов и увеличению использования их возобновляемых видов [4,5].

В США реализуется комплексная программа по энергосбережению и здравоохранению. Мероприятия направлены на повышение энергоэффективности зданий, сокращение энергопотребления и расходов на его покрытие, при этом они способствуют повышению качества микроклимата и повышению комфорта [6].

Комплексная разработка мероприятий, целью которых является сбережение и повышение эффективности потребления энергии бюджетной сферы, жилищного сектора

и объектов коммунальной инфраструктуры муниципального образования по тепловой энергии с разделением на активные и пассивные мероприятия по теплосбережению позволяет их расположить в лучшей рациональной последовательности [7].

Для обеспечения эффективного использования энергии необходимо обследование систем электроснабжения, теплоснабжения и водоснабжения предприятия, сопоставление и анализ фактического потребления энергоресурсов с их нормативными значениями, выбор приемлемых способов энергосбережения. При этом не маловажными условиями являются финансирование и сопоставление технико-экономических показателей различных вариантов и направлений [8].

К основным целям при энергетическом обследовании относятся выявление потенциала энергосбережения и повышения энергоэффективности, разработка комплекса типовых, общедоступных энергосберегающих и повышающих энергоэффективность мероприятий, осуществление их стоимостной оценки. Использование энергосберегающих мероприятий позволяет достичь значительной экономии финансовых средств [9].

Энергетическое обследование позволяет разработать мероприятия нацеленные на повышение эффективности потребления энергоресурсов и представляет основу для эффективного управления потреблением энергии [10].

Материалы и методы.

Реализация задач энергосбережения и повышения энергоэффективности в каком бы не было секторе экономики требует проведения специальных исследований с использованием ряда организационных, технических и технологических мероприятий.

Для проведения ревизии потребления топливно-энергетических ресурсов и выявления проблемных вопросов в энергопотреблении на предприятии ТОО «Increase Food» был проведен энергоаудит.

Проведенный энергоаудит показал недостаточно эффективное потребление и экономию энергии на предприятии:

- в качестве источников освещения помещений допускается применение низкоэффективных ламп накаливания, а для освещения территории – энергоемких дуговых ртутных ламп (ДРЛ);

- участки трубопровода холодильной системы $\varnothing 115, 80, 38$ мм с эксплуатируются с изношенной и поврежденной теплоизоляцией. В обнаруженных местах замечена наледь из-за конденсатообразования, что свидетельствует об значительных потерях холода;

- решение проблем современного энергоучета на предприятии требует использования автоматизированных систем контроля и учета;

- установленные в зданиях одно- и двухкамерные стеклопакеты имеют значительные теплопотери в зимнее и холодопотери в летнее время.

Для повышения эффективности потребления электроэнергии на освещение как производственных, так и административных зданий, а также занимаемой территории предприятия, было принято решение заменить используемые энергоемкие светильники на энергосберегающие, характеризующиеся значительно низкими потреблением электроэнергии, расходами при эксплуатации, в итоге позволяющие высвободить дополнительные мощности.

Для обоснованной замены традиционных источников освещения были проведены исследования и сравнительный анализ результатов использования люминесцентных и светодиодных светильников для внутренних помещений и ДРЛ и светодиодного светильников – для наружного освещения.

В качестве типового на предприятии рассмотрено освещение инженерно-технического помещения размерами 9x9x3 м двумя типами светильников: люминесцентных ASTZ T8 ЛВО09-4x18-011 RS мощностью 72 Вт и светодиодных ASTZ ДВО 04-36-001 PRS мощностью 36 Вт.

В расчетах освещения использовалась функциональная проектировочная универсальная программа DIALux, дающая возможность расчета освещения в любом помещении и с наружу. Программа позволяет в интерактивном режиме распределять светильники, выбирать цветовые фильтры, окрашенные материалы и визуализировать итоги в виде фотореалистичных 3D-моделей [11].

Результаты.

Кривые изолукс и 3D-визуализация с использованием фиктивных цветов люминесцентного ASTZ T8 ЛВО09-4x18-011 RS и светодиодного светильников ASTZ ДВО 04-36-001 PRS инженерно-технического помещения, полученные при исследованиях с применением программы DIALux, приведены на рисунке 1.

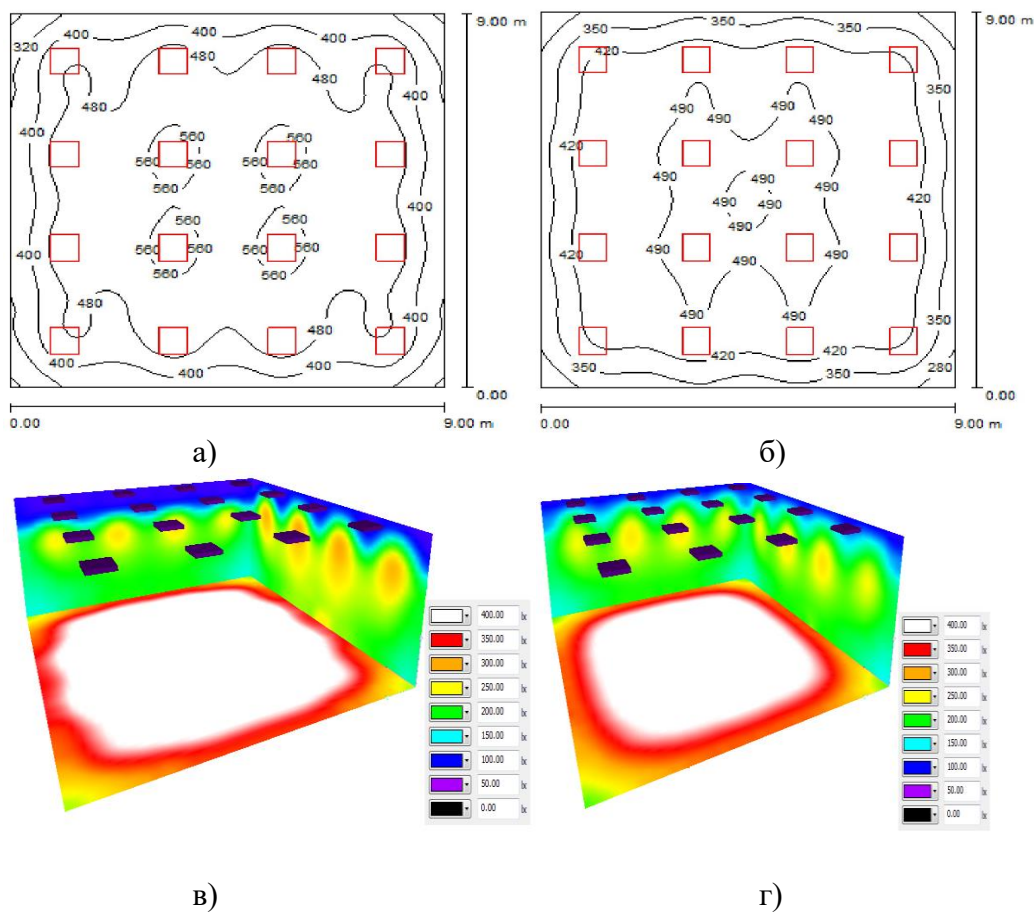


Рисунок 1 – Кривые изолукс (а, б) и 3D-визуализация с использованием фиктивных цветов (в, г) люминесцентного ASTZ T8 ЛВО09-4x18-011 RS и светодиодного светильников ASTZ ДВО 04-36-001 PRS

Как видно из рис.1, использование визуализации освещения помещения в фиктивных цветах позволяет оценить качество освещения и точно определить зоны недостаточным и переосвещением.

Графическое изображение данных исследований освещения межцеховой территории с проезжей частью, тротуарами газонами общим размером 10x300 м

традиционными светильниками РКУ 11– 250-001, мощность и тип источника света ДРЛ– 250, а также светодиодными светильниками ДКУ 02– 80, мощность и тип источника света LED-80, представлены на рисунке 2.

Для улучшения системы технического учета электроэнергии со сбором, хранением, обработкой и визуализацией информации на основе анализа ряда известных выбрана автоматизированная информационно-измерительная система, включающая устройство учёта электрической энергии, OPC-серверы, счетчики, универсальную SCADA/HMI DataRate (рисунок 3).

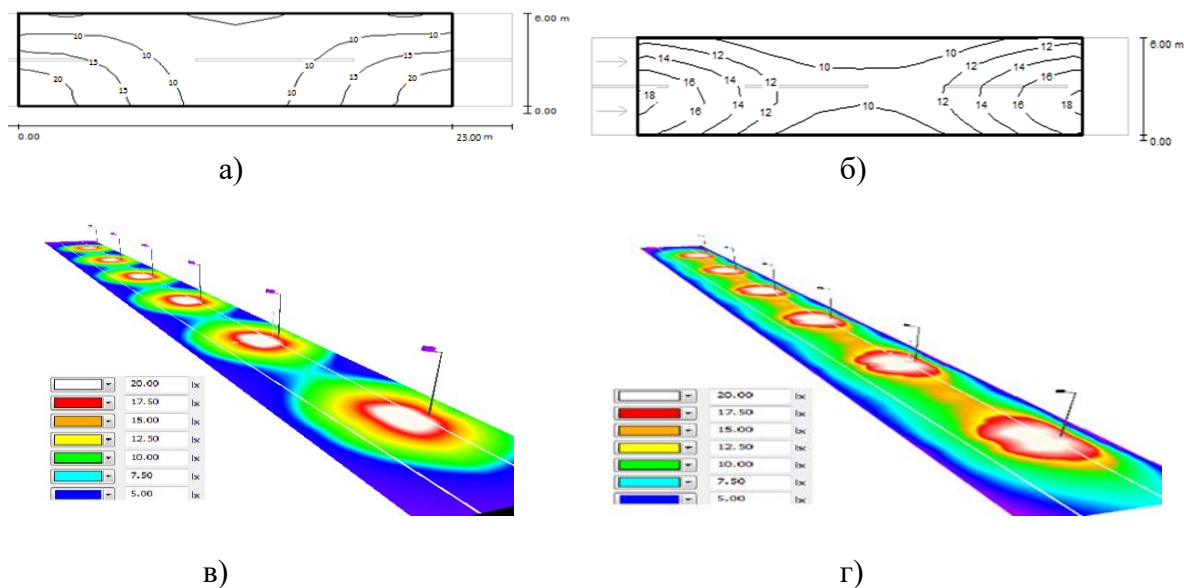


Рисунок 2 – Изолинии и фиктивные цвета – визуализация

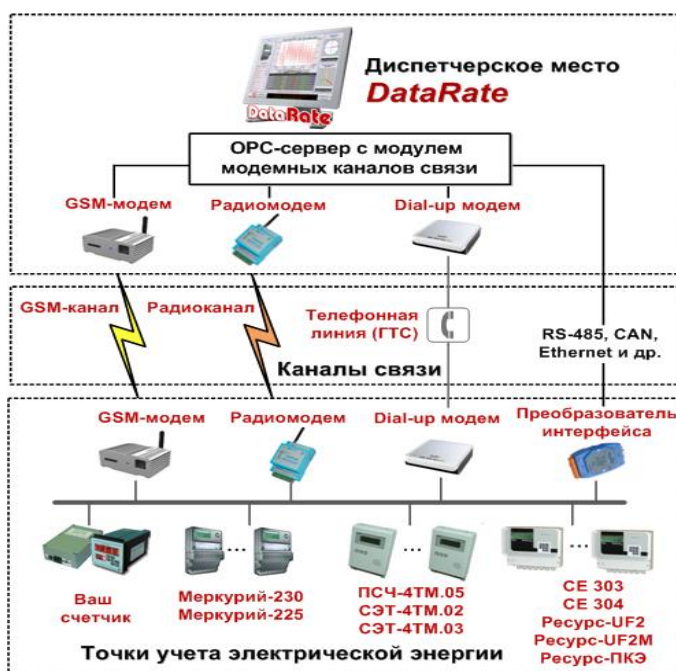


Рисунок 3 - Мониторинг общего состояния точек учёта

В каждой точке учета единичных и групповых присоединений проводится мониторинг электроэнергии за установленный промежуток времени (30 мин, 1 час и т.д.).

С начала наблюдаемого интервала измеренные данные суммируются (с начала суток, с начала месяца и т.д.), осуществляется усреднение в определенном интервале по времени. (3 мин., 30 мин., 1 час). АИИС ТУЭ также производит прогнозирование текущих данных электропотребления в рассматриваемом периоде и проверку соответствия этих значений плановым.

Исследования показали, что среднее значение расходуемой на выработку 1 кВт холода электроэнергии, в том числе расход на доставку аммиака, остужение компрессорного оборудования и аммиака в газовом состоянии, составляет 0,70 кВт. Среднее значение затрат электроэнергии на производство 1 кВт холода 0,33 кВт, суммарные потери холода с 1 м трубопровода $\varnothing 115, 80, 38$ составляют 0,37 кВт. Соответственно, на потерю холода с 1 м трубопровода расходуется 0,26 кВт электроэнергии, что в расчете на год составляет 2 278 кВт.

Улучшения теплосберегающих характеристик установленных в зданиях предприятия обычных одно- и двухкамерных стеклопакетов можно достигнуть использованием простого, доступного и недорогого способа снижения теплотерь через них, как наклейка на внешнюю сторону стеклопакетов светофильтрующей и светоотражающей и на внутреннюю сторону теплоотражающей пленок. В первом случае снижается количество проникающего в помещение тепла летом и сокращается время работы кондиционеров, во втором случае в зимнее время инфракрасные лучи возвращаются во внутрь помещения.

Расчет экономии, проведенный исходя из средних данных: летняя солнечная активность во время кондиционирования и мощность солнечной радиации $q_{ср}=350$ Вт/м², светопропускающая первичная характеристика обычного стеклопакета 0,675, вторичная – 0,1 (задерживается 90% лучей инфракрасного спектра после наклеивания пленки с наружной стороны) и стоимость энергии кондиционирования для центральных кондиционеров со средним коэффициентом теплопереноса $K=3$, времени их активной работы 4 месяца $T=1000$ ч/год, дает

$Q_{солн.} = T \cdot \Delta k \cdot q_{ср.} = 1000 \cdot (0,525 - 0,100) \cdot 350 = 48\ 750$ Вт·ч/(м²·год) = 0,13 Гкал/(м²·год).

Обсуждение.

Исследование кривых изолукс (рисунок 1 а, б) и 3D-визуализации с использованием фиктивных цветов (рисунок 1 в, г) люминесцентного освещения инженерно-технического помещения свидетельствует, что в средней части помещения наблюдается переосвещенность до 560 Лм, к стенам она убывает до 400 Лм и до 320 Лм в углах. В целом выбранные люминесцентные светильники в количестве 16 штук и при мощности 72 Вт каждый обеспечивают необходимые уровни освещенности помещения.

Исследования светодиодного освещения показали, что в середине помещения также наблюдается небольшая переосвещенность до 490 Лм с незначительным снижением к крайним рядам светильников до 420 Лм.

Но при этом освещенность в центральной зоне помещения, т.е. в рабочей зоне, по сравнению с освещенностью от люминесцентных светильников, равномернее (490 Лм). Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что по качеству освещения светодиодные светильники являются более оптимальными, чем люминесцентные.

Исследования освещения межцеховой территории показывает, что освещенность проезжей части дороги при использовании светодиодных светильников также более

равномерна и лучше, составляет $E=10-20$ люкс, что превышает требуемую освещенность 10 люкс по СНиП РК (рис.2 а, б). Отображение участка дороги в фиктивных цветах наглядно показывает отмеченное преимущество светодиодного освещения по качеству (рис.2 в, г).

Результаты модернизации системы освещения предприятия представлены в таблице 1

Таблица 1 – Результаты модернизации системы освещения предприятия

Заменяемые светильники	Кол-во	Расход эл. энергии до, тыс. кВтч	Расход эл. энергии после, тыс. кВтч	Экономия эл.эн., тыс. кВт.ч	Экономия средств, тыс. тенге	Затраты средств, тыс. тенге
Люминесцентные 36 Вт/СД-18	515	135,34	67,67	66,67	1 278	4 635
Люминесцентные 18 Вт/СД-9	353	46,38	23,20	23,20	444	1 765
ЛН-100/СД-20	52	37,96	7,58	30,38	582	312
ЛН-90/СД-16	60	39,60	7,20	32,40	621	210
ДРЛ-250/СД-100	33	60,39	24,09	36,30	695	1155
Итого	1013	319,67	129,74	188,95	3622	8077

Проведенные расчёты показали, что срок окупаемости модернизации системы внутреннего и внешнего освещения предприятия ТОО «Increase Food» составляют 2,3 года и 2,8 года соответственно.

Анализ практики внедрения автоматизированной информационно - измерительной системы технического учета энергетических ресурсов на различных предприятиях свидетельствует, что с ее использованием можно достичь от 3% до 5% экономии энергоресурсов, что составляет 250,8 – 417,96 тыс. кВт*ч/год. Система позволяет осуществлять контроль эффективности использования энергоресурсов, образовать единую базу текущих и хранимых параметров технологических процессов, накапливать статистическую информацию и проводить ее прогнозирование, производить дистанционную диагностику электрооборудования и каналов связи, т.е. получить фактическую и в полном объеме информацию о состоянии всего оборудования в желаемые моменты времени. Анализ опыта применения АИИС ТУЭ показывает, что при среднем значении тарифа на электроэнергию 20 тг/кВт*ч затраты на ее внедрение можно окупить в течение 5 – 7 лет [12].

Исследования показали, что годовая затрата электроэнергии из-за потерь холода составляет 43 662 тенге на 1 м трубопровода. Стоимость замены поврежденной теплоизоляции трубопроводов холода составляет - 5400 тенге. Рассчитанный с учетом этого простой срок окупаемости равен 0,12 года. На самом деле протяженность участков с негодной теплоизоляцией больше, поэтому будет больше и экономия.

Результаты исследований свидетельствуют, что при стоимости тепловой энергии $Ст = 3\ 900$ тенге/Гкал экономия денежных средств за счет наклейки светоотражательных пленок составляет: $E = Q_{солн} \cdot Ст = 3 = 0,13$ Гкал/(м²·год) · 3 900 тг/Гкал = 507 тг/(м²·год). При покрытии окна пленкой с двух сторон экономия будет больше. С учетом затрат на наклеивание пленки простой срок окупаемости составляет $T = K / E = 1500$ тг/м² / 507 тг/(м²·год) = 3 года.

Данный способ позволяет снизить затраты на кондиционирование до 50 % за счет задержки тепlopоступления через окна в летнее время (до 80%) и до 5-10% на отопление за счет сокращения инфракрасного излучения через окна наружу в зимнее время.

Перечень проведенных энергосберегающих мероприятий и достигнутые результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты энергосберегающих мероприятий

Энергосберегающие мероприятия	Вложения, тыс. тенге	Экономия топливно-энергетических ресурсов в год		Срок окупаемости, год
		т.у.т. (кВт ч)	тыс. тенге	
1) котельно-печное топливо				
Улучшение теплоизоляции стеклопакетов наклейкой свето- и теплоотражающих пленок	777,85	25,74	617,31	3,00
2) электроэнергия, МВт·ч				
Использование автоматизированной информационно – измерительной системы технического учета энергоресурсов (АИИС ТУЭ)	55 000,00	422,74	8 104,90	5,00-7,00
Модернизация системы освещения	8 077,00	188,95	3 622,17	2,30-2,80
Восстановление теплоизоляции на трубопроводе холодильной системы, за 1 п.м.	5,40	0,26	43,66	0,10

Заклучение.

Проведенные исследования позволили установить высокую эффективность реализованных на предприятии комплексных мероприятий по энергосбережению, обеспечивающих значительное улучшение качества освещения, учета электроэнергии, снижения тепло- и холодопотерь:

- использование светодиодных светильников взамен люминесцентных во внутренних помещениях и взамен ДРЛ для наружного освещения позволяет не только значительно снизить энергопотребление, но и улучшить качество освещения: освещенность в центральной зоне внутреннего помещения, т.е. в рабочей зоне, по сравнению с освещенностью люминесцентных светильников, равномернее (490 Лм); освещенность проезжей части дороги при использовании светодиодных светильников также более лучше (10-20 Лм). Сроки окупаемости мероприятий по модернизации системы внутреннего и наружного освещения составляют 2,3 и 2,8 года, соответственно;

- применение автоматизированной информационно – измерительной системы технического учета энергетических ресурсов позволяет: достичь от 3% до 5% экономии энергоресурсов, что составляет 250,8 – 417,96 тыс. кВт*ч/год; осуществлять полный контроль эффективности использования энергоресурсов, т.е. получить фактическую и в полном объеме информацию о состоянии всего оборудования в желаемые моменты времени. При среднем значении тарифа на электроэнергию 20 тг/кВт*ч затраты на ее внедрение можно окупить в течение 5 – 7 лет;

- своевременное восстановление поврежденной теплоизоляции на отдельных участках трубопровода холода значительно снижает холодопотери, соответственно расход электроэнергии на его производство 43,66 тыс. тенге/м при незначительных вложениях 5,4 тыс. тенге/м и сроке окупаемости 0,1 года;

- улучшение теплосберегающих характеристик установленных в зданиях предприятия обычных одно- и двухкамерных стеклопакетов путем наклеивания на них свето- и теплоотражающих пленок снижает затраты на кондиционирование до 50 % за счет задержки теплопоступления через окна в летнее время и до 5-10% на отопление за счет сокращения инфракрасного излучения через окна наружу в зимнее время. С учетом затрат на наклеивание пленки простой срок окупаемости составляет 3 года.

ЛИТЕРАТУРА

[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] «Об утверждении требований к форме и содержанию плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности, разрабатываемого субъектом ГЭР по итогам энергоаудита» от 31 марта 2015 года №391. Приказ №391 Министра по инвестициям и развитию РК 31.03.2015.

[4] Корбуш А.Д. Стимулирование за экономию энергоресурсов в России и за рубежом //Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. -Ачинск. Издательство: Ачинский филиал Красноярский государственный аграрный университет (Ачинск). № 10. -2018 – С. 172-175.

[5] Обзор передового отечественного и зарубежного опыта в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Сборник материалов / МОН РФ, ФГАОУВП “Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»”. –Москва. - 2014. -159 с.

[6] Могиленко А.В. Комплексные программы по энергосбережению и здравоохранению. Опыт США. https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6946

[7] Казанская А.Ю., Компаниец В.С. Комплексный подход к разработке мероприятий повышения тепловой энергоэффективности инфраструктуры муниципального образования. <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-podhod-k-razrabotke-meropriyatiy-povysheniya-teplovoy-energoeffektivnosti-infrastruktury-munitsipalnogo-obrazovaniya>

[8] Е.С. Петровский. Проблемы и задачи энергосбережения и повышения энергоэффективности ГУУ. Issues and challenges of energy conservation and efficiency of GUU. <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-zadachi-energoberezeniya-i-povysheniya-energoeffektivnosti-guu>

[9] Чапаев А.Б. Способы реализации мероприятий по энергосбережению с применением энергосервисных договоров. Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 Том 7, №5 (2015). <http://naukovedenie.ru/>

[10] А.М.Клюкин А.М., Н.М.Кузнецов Н.М., С.Н.Трибуналов С.Н. Энергетическое обследование - основа эффективного управления энергопотреблением. <https://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskoe-obsledovanie-osnova-effektivnogo-upravleniya-energopotrebleniem>

[11] Программа Dialux для расчёта и проектирования освещения <http://electricalschool.info/main/lighting/1703-programma-dialux-dlja-raschjota-i.html>

[12] Мингалиев А.Р. Методика выбора мест установки автоматизированных систем учета электрической энергии в районных распределительных сетях 10-0,4 кВ с использованием семейства типовых кривых срока окупаемости. http://www.rusnauka.com/29_NIOXXI_2012/Tecnic/5_118749.doc.htm

Еркеш Абдрахманов, т.ғ.д., ассистент-профессор, Логистика және кәлік академиясы, Алматы, Қазақстан, yerkesh_a@mail.ru

Данил Смирнов, инженер, Increase Food ЖШС, Алматы, Қазақстан, dan.sm@list.ru

ТАҒАМ ӨНЕРКӘСІБІ КӘСІПОРНЫНДА ЭНЕРГИЯНЫ КЕШЕНДІ ҮНЕМДЕУ

Аңдатпа. «Increase Food» ЖШС тамақ өнеркәсібі кәсіпорнында кешенді энергия үнемдеу шараларын зерттеу нәтижелері келтірілген: инженерлік-техникалық бөлмеде ASTZ T8 LVO09-4x18-011 RS люминесцентті орнына ASTZ DV8 04-36-001 PRS жарықдиодты шамдарын және жер аумағын жарықтандыру үшін RKU 11-250-001 дәстүрлі шамдарының орнына DKU 02-80 жарықдиодты шамдарының қолдану зерттелген және негізделген; электр энергиясын есептеу құралдарын, ОРС есептегіш серверлерін, сондай-ақ ақпаратты жинау, сақтау, өңдеу және визуалдау функцияларын орындайтын және энергияны пайдалану тиімділігін бақылауға мүмкіндік беретін әмбебап SCADA / HMI DataRate кіретін электр энергиясын есептеу үшін ақпараттық-өлшеу жүйесі таңдалған; суық және электр энергиясының ысыраптарын азайтуға мүмкіндік беретін Ø115, 80, 38 мм тоңазытқыш жүйесі құбырларының жылу оқшаулаулығы жақсартылған; ауа баптаудағы шығындарды 50% дейін және жылытуға 5-10% дейін үнемдеуге мүмкіндік беретін орнатылған шыныпакеттік терезелердің жылу үнемдеу сипаттамаларын оларға жарық сүзетін, шағылысатын және жылуды шағылыстыратын пленкаларды жапсыру арқылы жақсартылған.

Түйінді сөздер. Энергияны үнемдеу, жарықтандыру, люминесцентті лампа, жарықдиодты шам, суық үнемдеу, электр энергиясын техникалық есепке алудың автоматтандырылған ақпараттық-өлшеу жүйесі, жылу үнемдеу.

Erkesh Abdrakhmanov, doctor of technical sciences, assistant professor, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, yerkesh_a@mail.ru

Danil Smirnov, engineer, Increase Food LLP, Almaty, Kazakhstan, dan.sm@list.ru

COMPREHENSIVE ENERGY SAVING ON FOOD INDUSTRY ENTERPRISES

Abstract. The results of studies of complex energy-saving measures at the food industry enterprise “Increase Food” LLP are presented: the use of LED lamps ASTZ DVO 04-36-001 PRS in engineering and technical premises instead of luminescent ASTZ T8 LVO09-4x18-011 RS and for lighting the territory of LED lamps DKU 02–80 instead of traditional luminaires RKU 11– 250-001; an information and measuring system for technical electricity metering was selected, which includes electricity metering devices, OPC servers for meters, as well as a universal SCADA / HMI DataRate, which performs the functions of collecting, storing, processing and visualizing information and allows you to control the efficiency of energy use; improved thermal insulation of pipelines of the refrigeration system $\varnothing 115, 80, 38$ mm, which made it possible to reduce losses of cold and electricity; the heat-saving characteristics of the installed double-glazed windows have been improved by applying light-filtering, reflective and heat-reflecting films to them, which allows saving costs up to 50% on air conditioning and 5-10% on heating.

Keywords. Energy saving, lighting, fluorescent lamp, LED lamp, cold saving, automated information and measuring system for technical accounting of electricity, heat saving.
