

УДК 628.9

**АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**

**AUTOMATION OF LIGHTING SYSTEMS OF ENTERPRISES
USING SOLAR ENERGY**

©Букейханов Н. Р.,

*SPIN-код: 1664-2283; д-р хим. наук,
Московский государственный технологический
университет «СТАНКИН»,
г. Москва, Россия, bukeihanov2017@yandex.ru*

©Bukeikhanov N.,

*SPIN-code: 1664-2283; Dr. habil.,
Moscow State University of Technology STANKIN,
Moscow, Russia, bukeihanov2017@yandex.ru*

©Никишечкин А. П.,

*SPIN-код: 8513-3805; канд. техн. наук,
Московский государственный технологический
университет «СТАНКИН»,
г. Москва, Россия, anatoij-petrovich@yandex.ru*

©Nikishechkin A.,

*SPIN-code: 8513-3805; Ph.D.,
Moscow State University of Technology STANKIN,
Moscow, Russia, anatoij-petrovich@yandex.ru*

©Гвоздкова С. И.,

*SPIN-код: 7900-9907; канд. техн. наук,
Московский государственный технологический
университет «СТАНКИН»,
г. Москва, Россия, lana-1327@yandex.ru*

©Gvozdkova S.,

*SPIN-code: 7900-9907; Ph.D.,
Moscow State University of Technology STANKIN,
Moscow, Russia, lana-1327@yandex.ru*

Аннотация. Показана перспективность инновационных зенитных фонарей нового поколения, которые днем проводят натуральный солнечный свет по полым и волоконно-оптическим световодам через крышу во внутренние помещения предприятий, где нет возможности поставить окна или недостаточно дневного света. Ночью и в пасмурные дни освещенность обеспечивают лампы накаливания, галогеновые и светодиодные лампы, свет которых передают те же световоды, что особенно важно для пожароопасных помещений. Программная реализация разработанных автоматизированных систем обладает высокой гибкостью, то есть способностью к быстрой переналадке и изменению алгоритмов управления. Разработанная на основе модифицированной сети Петри модель автоматизированного процесса такого типа освещения, полученные на ее основе операторные формулы формализуют и облегчают процесс программирования ПЛК, снижающие риск появления ошибок в соответствующих программах.

Abstract. The prospects of innovative lights of the new generation. These lights by the day conduct natural sunlight in the hollow, fiber-optic light guides through the roof into the interior rooms of enterprises, where there is no possibility to use windows or not enough daylight. At night and on cloudy days illumination is provided by incandescent lamps, halogen and LED lamps, light of which is transmitted through the same light guides. This is especially important for fire-hazardous premises. Program implementation of the developed automated systems has the ability to quickly changeovers and change the control algorithms. The model of the automated process of this type of lighting was developed on the basis of a modified Petri net. The resulting operator formulas formalize and facilitate the programming process of the PLC, reducing the risk of errors in the relevant programs.

Ключевые слова: автоматизация, система полых и волоконно-оптических световодов, солнечная энергия, обеспечение пожаробезопасности, предприятия нефтехимии и органического синтеза.

Keywords: automation, system of hollow and fiber-optic light guides, solar energy, fire safety, enterprises of petrochemistry and organic synthesis.

Обеспечение техносферной безопасности является одним из важных направлений развития современного производства [1–4]. Оно включает создание малоотходных производств, минимизирующих негативное техногенное воздействие на окружающую природную среду, здоровье человека и повышающих качество его жизни [5–7]. При этом все более эффективно используют методы альтернативной энергетики, бионики, мехатроники, геной инженерии и т. д. [8–9].

Исследовано актуальное направление обеспечения техносферной безопасности путем промышленного освоения альтернативных источников энергии. Одним из самых масштабных альтернативных источников энергии является солнечная энергия.

Аналитики Международного энергетического агентства (МЭА) прогнозируют, что уже 2050 г. солнечная энергетика будет обеспечивать 20–25% мировых потребностей в электроэнергии.

К настоящему времени сложились следующие направления использования потока солнечной энергии [10]:

–*Горячее водоснабжение.* В системах горячего водоснабжения и отопления используются плоские солнечные коллекторы, представляющие собой теплообменный аппарат с каналами, через которые проходит теплоноситель. Часть солнечной радиации поглощается поверхностью теплообмена и передается теплоносителю.

–*Получение электроэнергии.* Преобразование потока солнечной энергии в электричество осуществляют термомеханическим или фотоэлектрическим способами.

–*Использование потока солнечной энергии для освещения.*

Сегодня активно используют *зенитные фонари первого поколения* — инженерно-техническое сооружение, состоящее из жесткого каркаса и светопрозрачного заполнения, которое является частью крыши и осуществляет естественное освещение верхнего этажа помещения. Светопропускаемость зенитного фонаря на 50% превышает светопропускаемость окон вертикального типа. Для создания эффективного освещения размещают на крыше несколько небольших зенитных фонарей [11].

Разработаны и внедряются инновационные зенитные фонари нового поколения, которые днем проводят натуральный солнечный свет по полым световодам через крышу во внутренние помещения предприятий, где нет возможности поставить окна или недостаточно дневного света. Ночью и в пасмурные дни эту работу выполняют щелевые волоконно-оптические световоды (системы Solatube и Solargy). Другое преимущество таких фонарей-световодов заключается в реализации доставки светового потока не только в верхние, но и все этажи, включая подвалы помещений (Рисунок 1А 1В).

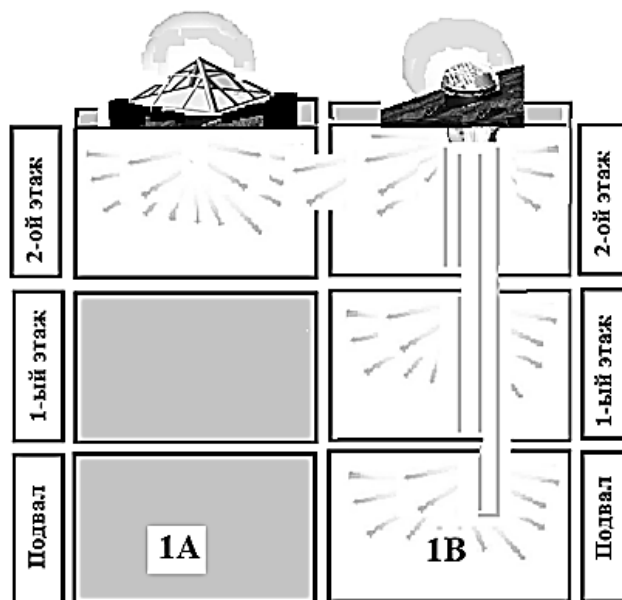


Рисунок 1. Схема демонстрации преимуществ зенитных фонарей на основе системы полых и волоконно-оптических световодов (1В) перед фонарями первого поколения (1А).

Здание с установленными световодами снижает до 50% энергопотребление по сравнению со зданиями, оснащенными зенитными фонарями первого поколения.

Автоматизация управления сложной системы освещения солнечным и искусственным светом комбинацией полых и щелевых волоконно-оптических световодов позволяет в период отсутствия достаточной инсоляции обеспечивать необходимый уровень освещенности лампами накаливания, галогеновыми лампами, светодиодными лампами. Для пожароопасных помещений целесообразно такие светильники размещать за стенами этих помещений и обеспечивать их изоляцией повышенной надежности для минимизации риска искрообразования.

Надежное управление такой сложной системой освещения пожароопасных помещений обеспечивает ее автоматизация, схема организации которой приведена на Рисунке 2.

На Рисунке 3 показана разработанная нами модифицированная сеть Петри в виде графа операций, описывающая процесс функционирования автоматизированной системы [12].

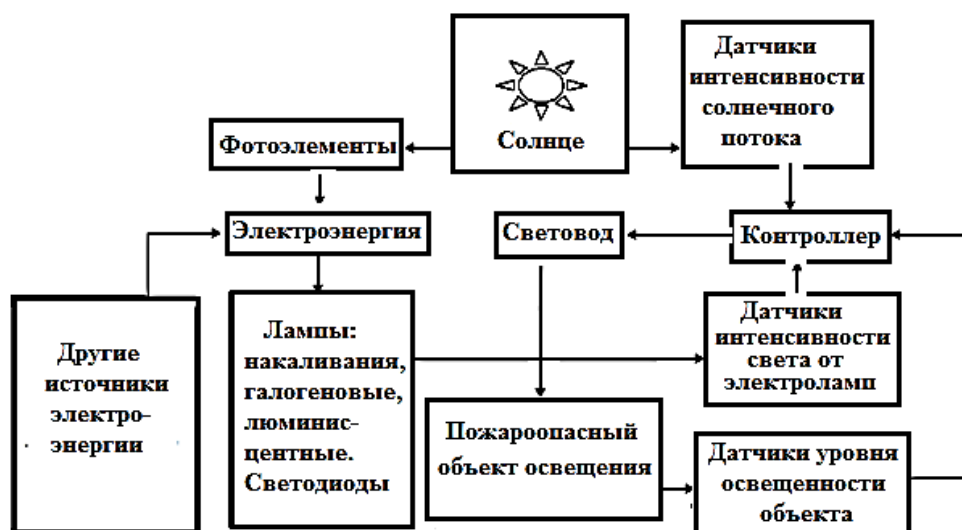


Рисунок 2. Схема автоматизированной комбинированной системы освещения пожароопасных объектов на основе световодов.

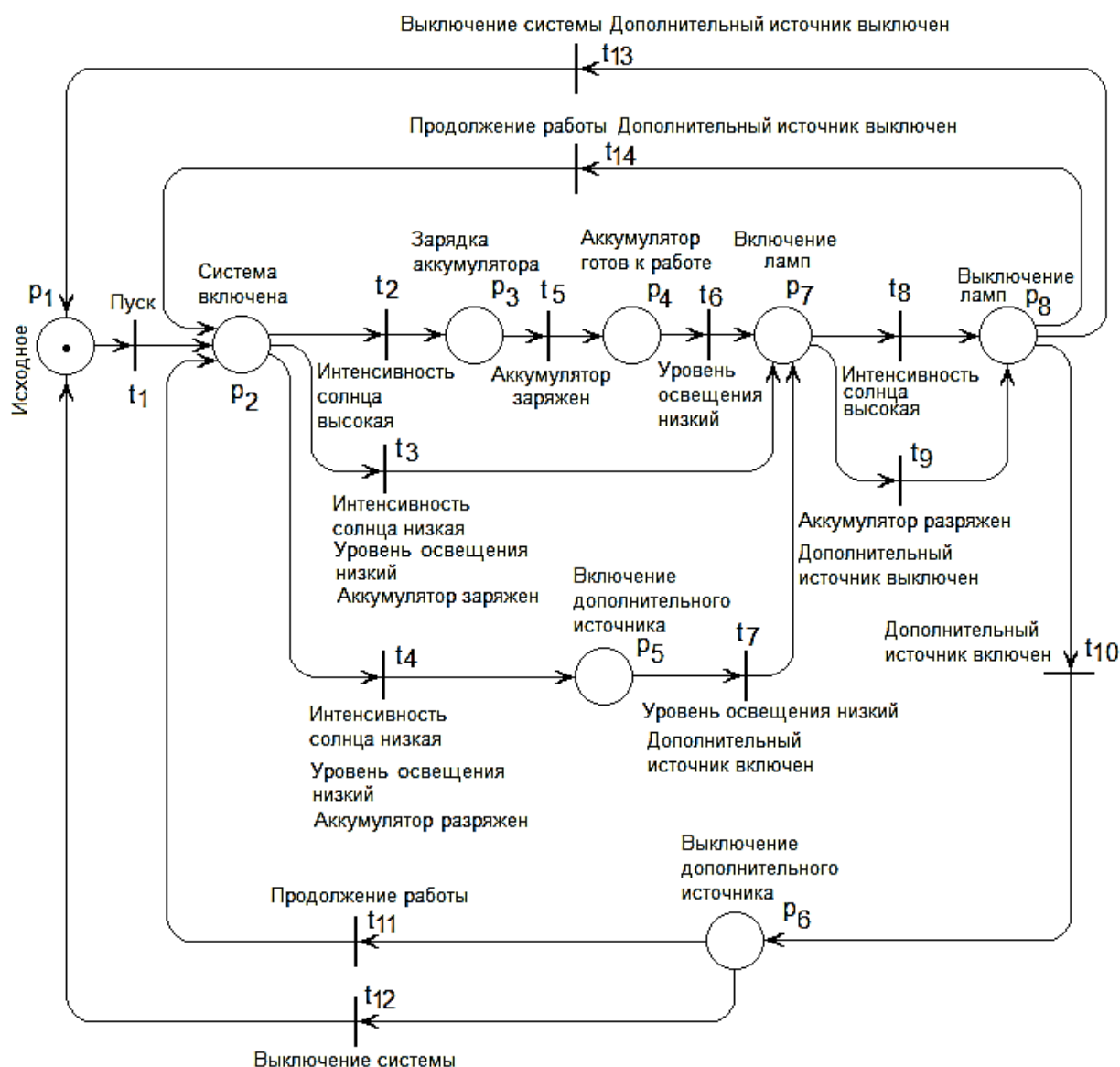


Рисунок 3. Модифицированная сеть Петри в виде графа операций.

Анализ показывает, что сеть живая и безопасная. Это является необходимым требованием, предъявляемым к сетям подобного рода, и говорит о корректности процесса функционирования системы. Переходам графа операций приписывают операторные формулы, представляющие собой конъюнкции соответствующих команд с пульта управления оператора и сигналов с датчиков и являющиеся дополнительными условиями срабатывания переходов. Для лучшего понимания условий срабатывания переходов словесное описание команд и сигналов приведено непосредственно на самом графе. Обозначения команд и сигналов и операторные формулы, соответствующие переходам, приведены в Таблице.

Таблица.

ОБОЗНАЧЕНИЯ КОМАНД И СИГНАЛОВ И ОПЕРАТОРНЫЕ ФОРМУЛЫ,
ПРИПИСЫВАЕМЫЕ ПЕРЕХОДАМ

Обозначения переходов	Команды оператора с пульта управления и сигналы датчиков	Обозначения команд и сигналов	Операторная формула, приписанная переходу
t ₁	Пуск (команда с пульта)	x ₁	x ₁
t ₂	Интенсивность солнца высокая (команда датчика)	x ₂	x ₂
t ₃	Интенсивность солнца низкая (команда датчика)	$\overline{x_2}$	$\overline{x_2} \cdot \overline{x_3} \cdot x_4$
	Уровень освещения низкий (команда датчика)	$\overline{x_3}$	
	Аккумулятор заряжен (команда датчика)	x ₄	
t ₄	Интенсивность солнца низкая (команда датчика)	$\overline{x_2}$	$\overline{x_2} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{x_4}$
	Уровень освещения низкий (команда датчика)	$\overline{x_3}$	
	Аккумулятор разряжен (команда датчика)	$\overline{x_4}$	
t ₅	Аккумулятор заряжен (команда датчика)	x ₄	x ₄
t ₆	Уровень освещения низкий (команда датчика)	$\overline{x_3}$	$\overline{x_3}$
t ₇	Уровень освещения низкий (команда датчика)	$\overline{x_3}$	$\overline{x_3} \cdot x_5$
	Дополнительный источник включен (команда датчика)	x ₅	
t ₈	Интенсивность солнца высокая (команда датчика)	x ₂	x ₂
t ₉	Аккумулятор разряжен (команда датчика)	$\overline{x_4}$	$\overline{x_4} \cdot \overline{x_5}$
	Дополнительный источник выключен (команда датчика)	$\overline{x_5}$	
t ₁₀	Дополнительный источник включен (команда датчика)	x ₅	x ₅
t ₁₁	Продолжение работы (сигнал с пульта)	x ₁	x ₁
t ₁₂	Выключение системы (сигнал с пульта)	$\overline{x_1}$	$\overline{x_1}$
t ₁₃	Выключение системы (сигнал с пульта)	$\overline{x_1}$	$\overline{x_1} \cdot \overline{x_5}$
	Дополнительный источник выключен (команда датчика)	$\overline{x_5}$	
t ₁₄	Продолжение работы (сигнал с пульта)	x ₁	$x_1 \cdot \overline{x_5}$
	Дополнительный источник выключен (команда датчика)	$\overline{x_5}$	

Позиции p_1 , p_2 являются «пустыми». В них включения/выключения не производятся. Эти позиции носят информационный характер и нужны для удобства описания. Остальные позиции соответствуют операциям включения/выключения:

- p_3 — включение аккумулятора на зарядку (команда Z_1);
- p_4 — аккумулятор заряжен и отключение зарядки (команда \bar{Z}_1);
- p_5 — включение дополнительного источника (команда Z_2);
- p_6 — выключение дополнительного источника (команда \bar{Z}_2);
- p_7 — включение ламп (команда Z_3);
- p_8 — выключение ламп (команда \bar{Z}_3).

Для перехода к программной реализации автоматизированной системы весь граф операции представляется в аналитическом виде — в виде операторных формул. Операторные формулы составляются для всех позиций графа операций и для всех команд управления и являются эффективной формой задания на программирование контроллера.

Все операторные формулы представляют собой операторы памяти, которые реализуются RS–триггерами. Программная реализация RS–триггеров по операторным формулам позволяет избежать ошибок в программировании ПЛК и значительно облегчает сам процесс программирования.

Операторные формулы для позиций графа операций (1–8):

$$p_1 = T(\bar{x}_1 \bar{x}_5 p_8 \vee \bar{x}_1 p_6 \vee SM0.1; p_2); \quad (1)$$

$$p_2 = T(x_1 p_1 \vee x_1 \bar{x}_5 p_8 \vee x_1 p_6; p_3); \quad (2)$$

$$p_3 = T(x_2 p_2; p_4); \quad (3)$$

$$p_4 = T(x_4 p_3; p_7); \quad (4)$$

$$p_5 = T(\bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 p_2; p_7); \quad (5)$$

$$p_6 = T(x_5 p_8; p_1 \vee p_2); \quad (6)$$

$$p_7 = T(\bar{x}_3 p_4 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3 x_4 p_2 \vee \bar{x}_3 x_5 p_5; p_8); \quad (7)$$

$$p_8 = T(x_2 p_7 \vee \bar{x}_4 \bar{x}_5 p_7; p_1 \vee p_2 \vee p_6). \quad (8)$$

Маркировка позиции p_1 (Рисунок 3) говорит о том, что система находится в исходном состоянии и готова к работе. Для учета этого факта в формуле для p_1 может использоваться бит специального маркера, который равен единице в первом цикле работы ПЛК, например, SM0.1 для ПЛК SIMATICS7 фирмы Siemens, что позволяет активизировать позицию p_1 сразу после включения контроллера.

Операторные формулы для команд включения/выключения (9–11):

$$Z_1 = T(p_3; p_4); \quad (9)$$

$$Z_2 = T(p_5; p_6); \quad (10)$$

$$Z_3 = T(p_7; p_8). \quad (11)$$

Операторные формулы преобразуются в команды на языке релейно–контактных схем, реализующие RS–триггеры. Для этого позициям p_1 , p_2 , ..., p_8 графа сопоставляются элементы памяти, например, маркеры. Командам оператора и сигналам с датчиков x_1 , x_2 , ..., x_5

сопоставляются, соответствующие контакты, являющиеся входами. Командам включения Z_1 , Z_2 , Z_3 сопоставляются выходы (нагрузки) контроллера.

Таким образом программная реализация разработанных нами автоматизированных систем обладает высокой гибкостью, то есть способностью к быстрой переналадке и изменению алгоритмов управления. Однако не исключен риск того, что быстрая переналадка может привести к ошибкам в программах и в конечном итоге к повышению вероятности возникновения аварийных ситуаций. Поэтому тщательная проработка модели процесса и получение с ее помощью операторных формул формализует и облегчает процесс программирования ПЛК и снижает риск появления ошибок в программах.

Список литературы:

1. Шварцбург Л. Э., Иванова Н. А., Рябов С. А., Гвоздкова С. И., Змиева К. А. Автоматизация обеспечения показателей безопасности машиностроительных технологий формообразования // Безопасность жизнедеятельности. 2012. №S2. С. 1-24.
2. Шварцбург Л. Э. Экологическое обеспечение технологий формообразования // Вестник МГТУ Станкин. 2008. №1. С. 38-43.
3. Шварцбург Л. Э. Анализ энергетической безопасности технологических процессов // Вестник МГТУ Станкин. 2010. №4. С. 98-105.
4. Иванова Н. А. Принципы автоматизации снижения экологических опасностей технологических процессов на примере химических загрязнений // Вестник МГТУ Станкин. 2008. №3. С. 73-77.
5. Букейханов Н. Р. Реновация технологических процессов-инструмент ресурсосбережения и повышения экологической безопасности // Вестник МГТУ Станкин. 2009. №4. С. 21-24.
6. Шварцбург Л. Э., Бутримова Е. В., Дроздова Н. В. Разработка алгоритма автоматизированного прогнозирования вибрации и шума в технологической среде // Вестник МГТУ Станкин. 2014. №4. С. 187-190.
7. Шварцбург Л. Э. Человеко-и природозащитное обеспечение автоматизированного машиностроения // Вестник МГТУ Станкин. 2008. №3. С. 19-21.
8. Гийо А., Мейе Ж. А. Бионика. Когда наука имитирует природу. М.: Техносфера 2013. 280 с.
9. Гнатик Е. Н. Генетическая инженерия человека: вызовы, проблемы, риски. М.: ЛИБРОКОМ. 2009. 240 с.
10. Каренов Р. С. Оценка потенциала и перспектив развития гелиоэнергетики в мире и Казахстане // Вестник Карагандинского университета: Серия Экономика. 2015. №1 (77). С. 5-15.
11. Коретко О. В. Конструкции зенитных фонарей и стеклянных крыш. М.: МАРХИ, 2003. 48 с.
12. Никишечкин А. П. Теория дискретных систем управления. М.: ИЦ ГОУ МГТУ Станкин, 2006. 242 с.

References:

1. Schwarzburg, L. E., Ivanova, N. A., Ryabov, S. A., Gvozdkova, S., & Zmиеva, C. A. (2012). Automation of maintenance of indicators of safety of machine-building technologies of formation. *Life Safety*, (S2), 1-24. (in Russian).

2. Schwarzburg, L. E. (2008). Ecological support of technology of formation. *The Bulletin of the Moscow State Technical University Stankin*, (1), 38-43. (in Russian).
3. Schwarzburg, L. E. (2010). Analysis of energy security of technological processes. *Bulletin of the Moscow State Technical University Stankin*, (4), 98-105. (in Russian).
4. Ivanova, N. A. (2008). Principles of automating the reduction of environmental hazards of technological processes by the example of chemical pollution. *Bulletin of the Moscow State Technical University Stankin*, (3), 73-77. (in Russian).
5. Bukeikhanov, N. R. (2009). Renovation of technological processes is an instrument of resource saving and enhancement of environmental safety. *Bulletin of the Moscow State Technical University Stankin*, (4), 21-24. (in Russian).
6. Schwarzburg, L. E., Butrimova, E. V., & Drozdova, N. V. (2014). Development of an algorithm for automated forecasting of vibration and noise in a process environment. *Vestnik MSTU Stankin*, (4), 187-190. (in Russian).
7. Schwarzburg, L. E. (2008). Human and environmental protection of automated engineering. *Bulletin of the Moscow State Technical University Stankin*, (3), 19-21. (in Russian).
8. Guillot, A., & Meye, J. A. (2013). Bionics. When science imitates nature. Moscow, *Tekhnosfera*, 280. (in Russian).
9. Gnatik, E. N. (2009). Genetic Engineering of Man: Challenges, Problems, Risks. Moscow, LIBROKOM, 240. (in Russian).
10. Karenov, R. S. (2015) Otsenka potentsiala i perspektiv razvitiya gelioenergetiki v mire i Kazakhstane. *Vestnik Karagandinskogo universiteta: Seriya Ekonomika*, 1(77), 5-15. (in Russian).
11. Koretko, O. V. (2003) Konstruktsii zenitnykh fonarey i steklyannykh krysh. Moscow, MARKHI, 48. (in Russian).
12. Nikishechkin, A. P. (2006) Teoriya diskretnykh sistem upravleniya. Moscow, ITS GOU MGTU Stankin, 242. (in Russian).

Работа поступила
в редакцию 09.04.2018 г.

Принята к публикации
17.04.2018 г.

Ссылка для цитирования:

Букейханов Н. Р., Никищечкин А. П., Гвоздкова С. И. Автоматизация систем освещения предприятий с использованием солнечной энергии // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №5. С. 277-284. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/bukeikhanov> (дата обращения 15.05.2018).

Cite as (APA):

Bukeikhanov, N., Nikishechkin, A., & Gvozdkova, S. (2018). Automation of lighting systems of enterprises using solar energy. *Bulletin of Science and Practice*, 4(5), 277-284.