

ИНФОРМАТИКА,  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И УПРАВЛЕНИЕ

INFORMATICS,  
COMPUTER ENGINEERING  
AND CONTROL

УДК 681.324

DOI: 10.17212/1814-1196-2019-2-7-20

## Система обеспечения равномерного освещения с использованием веб-камеры<sup>\*</sup>

А.К. ДМИТРИЕВ<sup>1,a</sup>, А.Е. БАКЛАНОВ<sup>2,b</sup>, В.М. САЮН<sup>3,c</sup>, О.Е. БАКЛАНОВА<sup>2,d</sup>,  
С.В. ГРИГОРЬЕВА<sup>2,e</sup>, А.Ж. АЛИМХАНОВА<sup>2,f</sup>

<sup>1</sup> 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет

<sup>2</sup> 070004, РК, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова А.К., 69, Восточно-Казахстанский государственный технический университет

<sup>3</sup> 634050, РФ, г. Томск, пр. Ленина, 40, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

<sup>a</sup> alexander\_dmitriev@ngs.ru    <sup>b</sup> ABaklanov\_62@mail.ru    <sup>c</sup> svm@ie.tusur.ru

<sup>d</sup> OEBaklanova@mail.ru    <sup>e</sup> SGrigorieva@ektu.kz    <sup>f</sup> aslima\_alimhanova@mail.ru

Настоящая статья посвящена разработке системы управления светодиодными осветительными приборами для обеспечения равномерного бестеневого освещения, которое необходимо как сотрудникам медицинских учреждений, например, при проведении хирургических операций, так и на предприятиях, где используется высокоточное оборудование. Предложенная методика управления освещенностью позволяет обеспечить равномерную освещенность в соответствии с нормативными документами и с учетом естественного освещения. В работе предложена система коррекции освещенности с помощью управления светодиодными лампами офисного помещения. Контроль освещенности в разработанной системе осуществлялся с помощью персонального компьютера. Для этого было разработано программное обеспечение в среде Visual Studio.NET на языке C#. Для проверки предложенной методики была разработана экспериментальная установка с использованием платы Arduino UNO, где в качестве датчика освещенности была использована веб-камера. Коррекция освещенности светодиодной системы освещения осуществлялась при подключении микроконтроллера. В результате была разработана система, которая поддерживает заданный уровень освещенности в заранее выбранных областях рабочей поверхности помещения.

**Ключевые слова:** светодиодное освещение, осветительная система, веб-камера, система управления освещенностью, датчик освещенности, плата Arduino UNO, микроконтроллер

---

<sup>\*</sup> Статья получена 14 января 2019 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью обеспечения равномерного бестеневого освещения для работы в медицинских учреждениях, например, при проведении хирургических операций, а также на предприятиях, использующих высокоточное оборудование.

На освещение в мире по статистике расходуется приблизительно 19 % электроэнергии, что подтверждается Международным энергетическим агентством [1].

По данным Глобального экологического фонда, созданного при Организации Объединенных Наций, в Казахстане расход электроэнергии на освещение составляет 13 %. В России этот показатель в среднем 13...15 % [2]. Освещение в общественных и жилых зданиях составляет 40...60 % от общего освещения [3]. Данный показатель для стран СНГ превышает расход электроэнергии на освещение в 2–3 раза по сравнению с европейскими странами [4, 5].

Одним из энергосберегающих направлений являются светодиодные технологии. Повышенный интерес обусловлен рядом преимуществ светодиодов по сравнению с другими источниками света, а также поддерживается правительственными решениями. Однако на сегодняшний день существуют вопросы, связанные с организацией светодиодного освещения.

Важным является обеспечение равномерного освещения на рабочей поверхности. Кроме этого, международные исследования показали, что правильно подобранные уровень освещенности, цветовая температура и индекс цветопередачи входят в понятие «качественный свет» и оказывают существенное влияние на здоровье человека [6, 7]. Производственная работа при освещении плохого качества или низких и высоких уровнях может стать причиной усталости и напряжения глаз, переутомления, трудности сосредоточения на сложной работе, что приводит к снижению производительности труда [8, 9].

В настоящее время существует несколько направлений по обеспечению качественного освещения. Первый подход – оптимизация размещения светодиодных светильников [10, 11], второй подход – управление осветительных приборов [12–15]. При этом классическая схема управления основана на использовании датчиков освещенности, расположенных на рабочей поверхности [16].

Внедрение системы управления светодиодными технологиями позволяет значительно уменьшить расходы электроэнергии на освещение. При осуществлении регулирования освещенности появляется возможность учитывать естественное освещение и тем самым дополнительно снизить потребление энергии в осветительных системах. Обеспечение равномерного освещения позволит улучшить условия работы как сотрудникам офисных предприятий, так и на производстве.

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Работы по системе светодиодного освещения связаны с определением оптимального расположения светодиодных светильников, а также с оптимизацией средней освещенности в рабочих помещениях. Ставилась задача со-

здать систему управления светодиодными осветительными приборами, позволяющими обеспечить равномерное освещение на рабочей поверхности в помещении путем изменения мощности осветительных приборов.

## 2. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ СИСТЕМЫ КОРРЕКЦИИ ОСВЕЩЕННОСТИ

В качестве основы для разработки методики коррекции освещенности было выбрано офисное помещение длиной 9 м, шириной 4 м, высотой 2,8 м. На потолке размещены шесть светодиодных осветительных приборов с общей потребляемой мощностью 186 Вт и световым потоком 18 720 лм.

Общая схема системы для проведения эксперимента представлена на рис. 1. Экспериментальная установка состоит из следующих компонентов: модель офисного помещения с геометрическими параметрами  $54 \times 24 \times 47$  см, плата Arduino UNO на базе микроконтроллера ATmega328, веб-камера, персональный компьютер со специальным программным обеспечением.

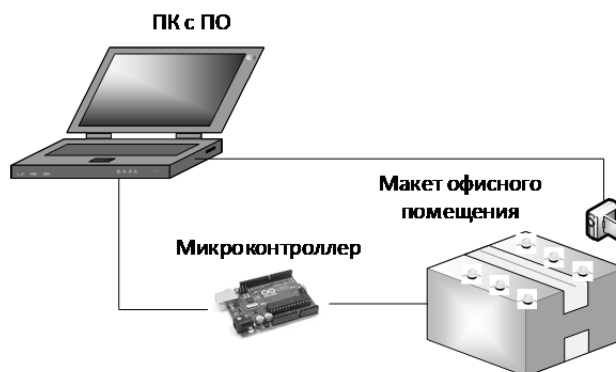


Рис. 1. Схема системы управления освещенностью для эксперимента

Fig. 1. Scheme of the illumination control system for the experiment

Для моделирования были выбраны светодиоды мощностью 1 Вт в количестве 6 штук. Геометрическое расположение светодиодов в макете показано на рис. 2. Относительное расположение светодиодов в макете соответствует расположению светодиодных светильников в офисном помещении. При этом оптимальное размещение светодиодных светильников рассчитывалось в программе DIALuxLight [17]. Решения задачи оптимизации размещения нами были представлены в работах [11, 18].

Принципиальная электрическая схема подключения системы коррекции освещенности представлена на рис. 3. Выходы микроконтроллера Arduino выдают два вида напряжения: 0 и 5 В, т. е. светодиод либо включен, либо выключен. С помощью широтно-импульсной модуляции можно регулировать длительность включенного состояния светодиода и поддерживать определенный уровень освещенности. Микроконтроллер ArduinoUno имеет шесть ШИМ-выходов: 3, 5, 6, 9, 10 и 11. С помощью этих выходов мы можем

управлять светодиодами. На рис. 2 видно, что светодиодная осветительная система, состоящая из шести параллельно соединенных светодиодов, к каждому из которых подключены резисторы, подключается к шести ШИМ-выходам микроконтроллера. Физически интерфейс USB использует четыре провода: «-5В», «+5В», «D+», «D-». Первые два могут использоваться для питания периферийного устройства (максимальный ток 500 мА). Два последних служат для передачи данных. Таким образом, физическую передачу данных через «D+» и «D-» обеспечивает USB-модуль микроконтроллера.

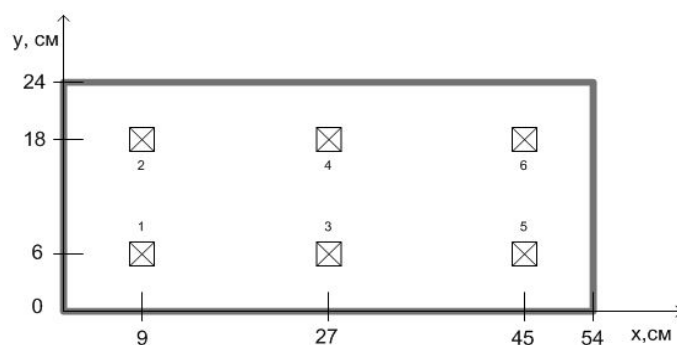


Рис. 2. Расположения светодиодов в пространстве модели помещения

Fig. 2. The location of the LEDs in the room model space

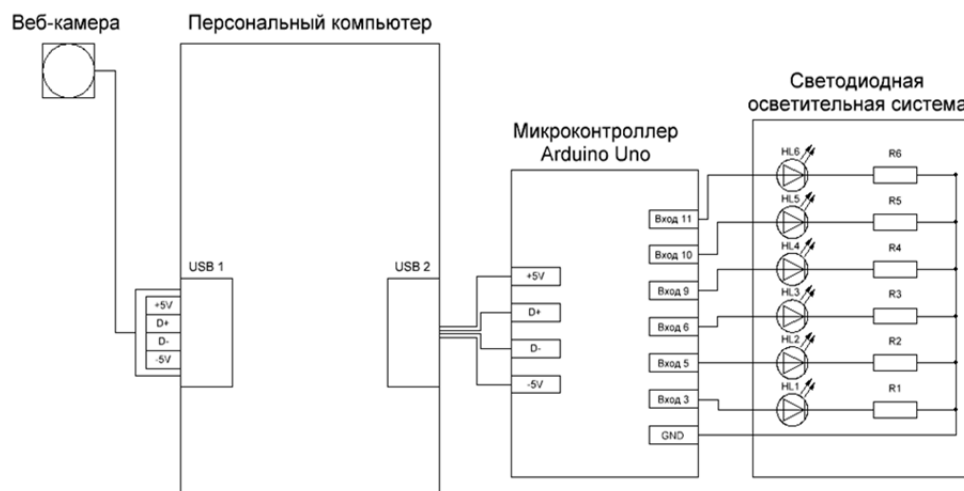


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема

Fig. 3. Schematic circuit

Внешний вид экспериментального макета системы коррекции освещенности офисного помещения приведен на рис. 4.

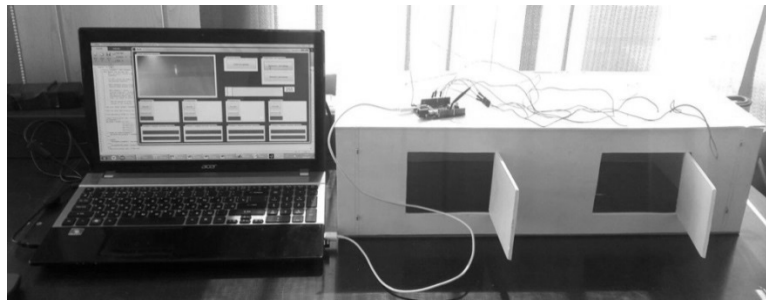


Рис. 4. Внешний вид макета

Fig. 4. The device layout

Для управления работой системы коррекции с использованием веб-камеры было разработано программное обеспечение в среде VisualStudio.Net на языке программирования C#. Данное программное обеспечение работает по следующим алгоритмам: захват изображения, отображение точек измерения, считывание информации в этих точках и управление мощностью светодиодов.

Структурная схема алгоритма захвата изображения и преобразования в оттенки серого представлена на рис. 5.

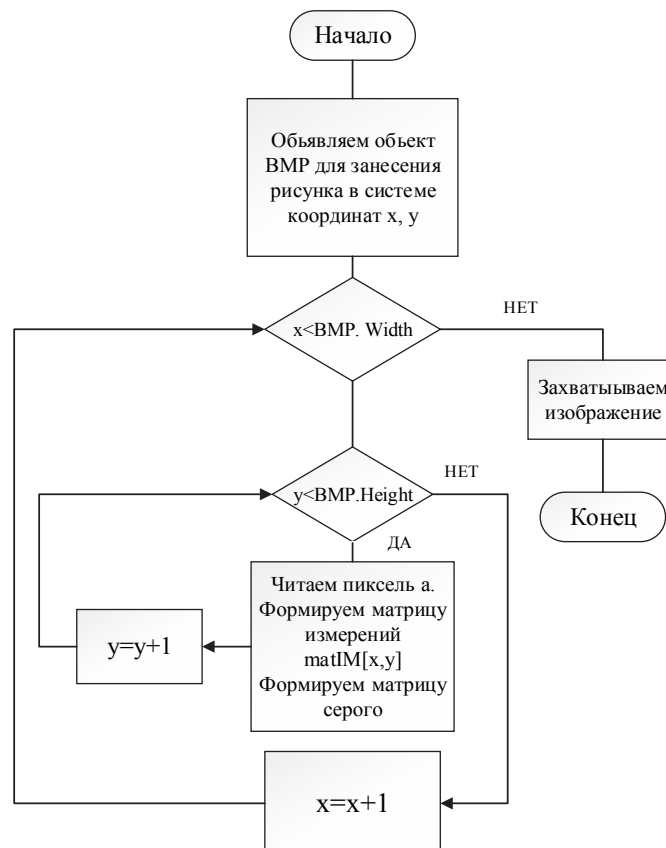


Рис. 5. Блок-схема алгоритма захвата изображения и преобразования

Fig. 5. Flowchart of image capture and conversion

Для реализации алгоритма захвата изображения в программе объявляется объект BMP для занесения изображения реального объекта в системе координат  $x, y$ . После этого в двух циклах по пикселям « $x$ » и « $y$ » всё изображение объекта BMP в виде точек записывается в массив измерений  $matIm[x,y]$  с суммированием освещенности по RGB. Одновременно формируется изображение для рисунка с преобразованием цветного изображения в оттенки серого. Такое преобразование необходимо для корректного управления освещенностью, так как при разных цветах в помещении освещенность для каждого цвета может быть разной.

Следующий этап заключается в выборе расположения точек измерения. При этом установка осуществляется шесть раз, поскольку в системе имеется шесть светодиодов и, соответственно, шесть мест – измерителей освещенности. Структурная схема алгоритма работы с точками измерения показана на рис. 6.

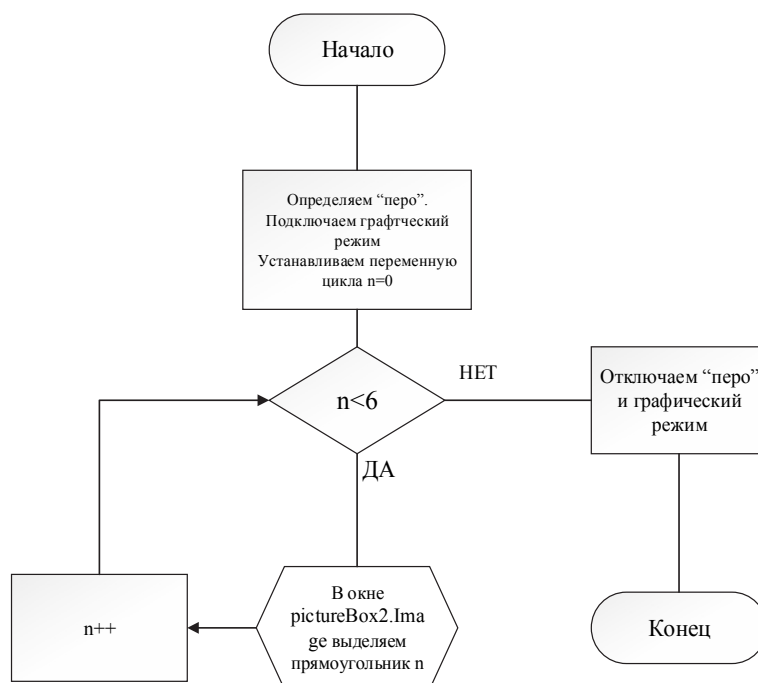


Рис. 6. Блок-схема алгоритма работы с точками измерения

Fig. 6. Flow chart of work with measurement points

Далее осуществляется подключение к порту, где проверяются все устройства, подключенные к USB-портам компьютера. Если в результате поиска обнаружено хотя бы одно устройство, тогда оно высвечивается в приложении. После этого осуществляется открытие порта с автоматическим использованием значений обнаруженного устройства. В заключение производится передача данных – формируется массив байтов для шести светодиодов. Передается информация для каждого светодиода в зависимости от освещенности в шести точках измерения.

Для получения и визуализации экспериментальных данных работы системы коррекции был разработан интерфейс пользователя (рис. 7).

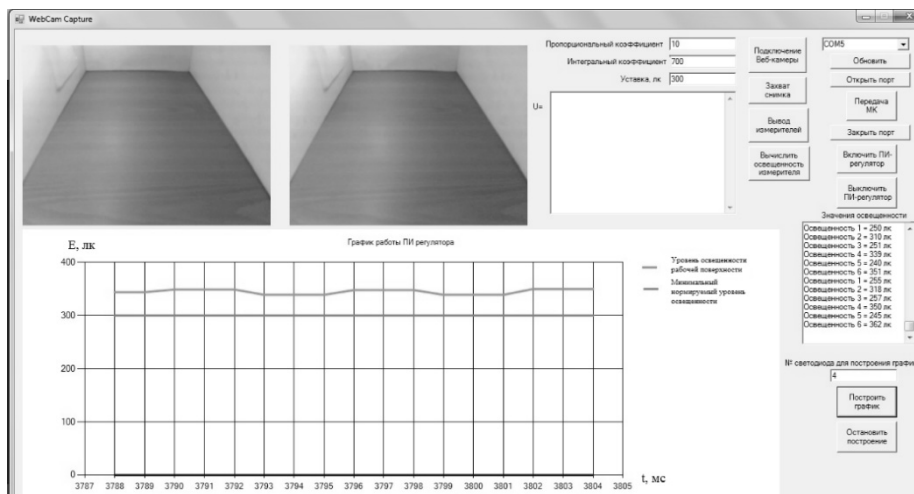


Рис. 7. Рабочее окно приложения

Fig. 7. Application working window

Рабочее окно приложения включает элементы, реализующие описанные алгоритмы. Сначала подключается веб-камера и производится захват снимка. Во время подключения веб-камеры в диалоговом режиме задается тип подключаемой веб-камеры.

После этого в левом верхнем углу окна проекта появляется изображение, снятое веб-камерой, в реальном времени. Предусмотрен захват изображения с помощью манипулятора «мышь». При этом освещенность фиксируется и далее задается левый верхний угол шести прямоугольников, в которых производится определение уровня освещенности (рис. 8). Освещенность, фиксированная веб-камерой, считывается в относительных единицах. В программе заложен алгоритм преобразования значений освещенности в люксы для реального помещения с учетом масштаба макета.



Рис. 8. Изображение точек измерения

Fig. 8. Measuring points image

На следующем этапе производится коррекция работы системы освещения, состоящей из шести светодиодных элементов. В программе для управления режимами светодиодов через микроконтроллер был разработан ПИ-регулятор для каждого светодиода. Путем экспериментальной проверки были определены значения пропорционального и интегрального коэффициентов, которые равны 20 и 300 соответственно. Эти значения вводим в диалоговое окно приложения настройки регулятора. Уровень освещенности устанавливается пользователем и в нашем случае соответствует 300 лк [19].

Определяется номер СОМ-порта, к которому подключен микроконтроллер. При команде «Открыть порт» передается шесть байтов данных для управления светодиодными элементами с помощью микроконтроллера, который при получении команды «Включить регулятор» работает по коррекции освещенности с использованием ПИ-регулятора.

Программно осуществляется автоматический захват изображения через каждые 10 секунд, а далее рассчитывается освещенность для шести заданных участков, после чего осуществляется управление светодиодной осветительной системой.

Во время работы можно наблюдать уровни освещенности, а также отображать их графически для каждого светодиода. Для этого необходимо указать номер области измерения для построения графика.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Сначала на основе созданного макета нами были проведены измерения освещенности без системы управления. Снимались значения уровня освещенности в одной из точек измерений рабочего пространства макета при включении всех светодиодов. Соответствующий график представлен на рис. 9. Уровень освещенности рабочей поверхности разработанного макета офисного помещения (верхняя линия) превышает нормируемое значение (нижняя линия), что подтверждает правильность разработки макета со светодиодной системой освещения и веб-камерой в качестве датчика освещенности.

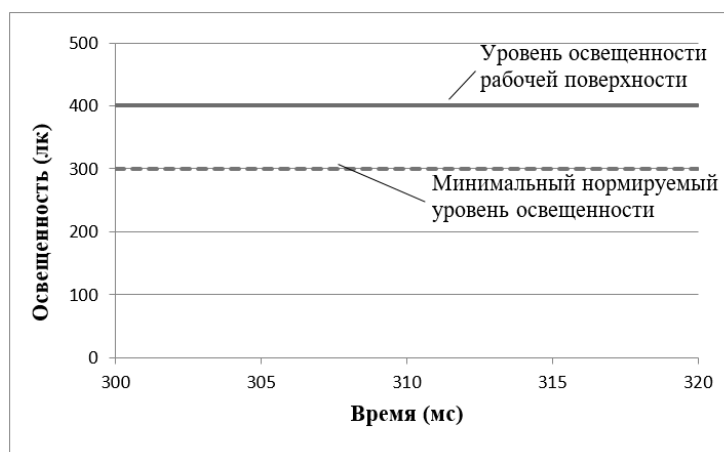


Рис. 9. График освещенности в рабочей плоскости помещения

Fig. 9. Schedule of illumination in the room working plane



Коррекция освещенности светодиодной системы освещения осуществляется при подключении микроконтроллера.

Как было написано выше, в данной системе подключены шесть светодиодных осветительных приборов, подключенных к ШИМ-выходам микроконтроллера, каждый из которых управляется разработанным ПИ-регулятором. На рис. 10 представлен график изменения уровня освещенности при включении регулятора. График имеет неравномерный характер, поскольку значение уровня освещенности колеблется около 350 лк.

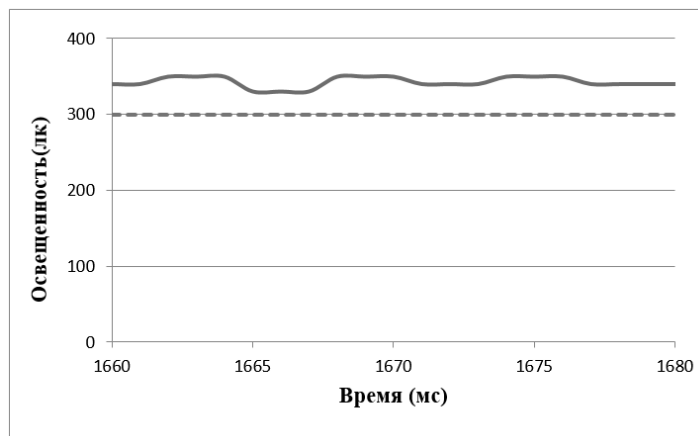


Рис. 10. График освещенности в рабочей плоскости помещения при включении ПИ-регулятора

Fig. 10. Schedule of illumination in the room working plane when the PI controller is turned on

Таким образом, регулируя освещенность рабочей поверхности модели помещения, можно проанализировать равномерность освещения рабочей поверхности и оценить энергоэффективность системы.

#### 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Измерения позволили провести сравнительный анализ уровней освещенности поверхности рабочего пространства макета офисного помещения до и после коррекции освещенности. Результат измерения средних значений освещенности в заданных областях представлен в виде точечного графика на рис. 11, на котором показано, что до и после коррекции значения освещенности во всех областях измерения превышают минимальный нормируемый уровень освещенности. Уровень освещенности с учетом регулирования (E2) меньше по сравнению с вариантом без регулирования (E1). Тем не менее комфортная световая среда помещения обеспечивается, а потребление электроэнергии снижается приблизительно на 15 %.

Полученные значения подтверждают правильную работоспособность разработанной системы коррекции освещенности светодиодной системы с использованием веб-камеры. Рассмотренная система поддерживает заданный уровень освещенности в заранее выбранных областях рабочей поверхности офисного помещения.

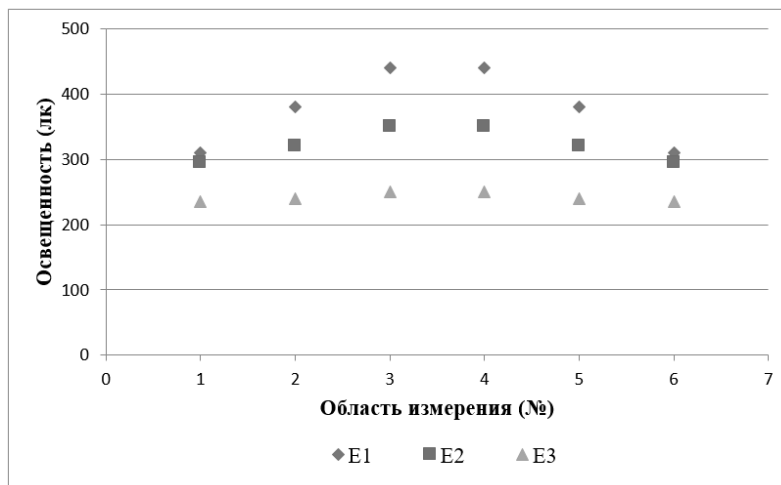


Рис. 11. Среднее значение уровня освещенности рабочей поверхности макета (E1 – без работы системы коррекции; E2, E3 – при работе системы коррекции)

Fig. 11. An average value of the illumination level of the layout working surface (E1 is without the correction system operation, E2, E3 are with the correction system operation)

Однако для критерия полного выравнивания уровня освещенности по всей рабочей поверхности офисного помещения уровень освещенности снижается до 240...250 лк (E3), что не соответствует нормативным требованиям. Для решения этой задачи необходимо увеличивать мощность осветительных приборов по сравнению с теми, которые используются в стандартных офисных помещениях, примерно на 30 %.

## ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа предлагает оптимальную систему для обеспечения равномерного освещения офисных помещений и создания комфортных условий работы человека. Кроме этого, проведенные исследования позволяют решать задачи по созданию бестеневого освещения, необходимого в медицине и ряде отраслей промышленности.

Разработанная система коррекции может быть также использована в новых системах передачи данных с использованием видимого света (VLC) [20].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тщетные усилия света: стратегии энергоэффективного освещения / Международное энергетическое агентство. – Париж: ОЭСР/МЭА, 2006. – 7 с.
2. Дадонов В.А., Бондарь А.А. Анализ развития и современного состояния рынка светотехники [Электронный ресурс] // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2014. – № 5 (29). – С. 1–13. – DOI: 10.18698/2308-6033-2014-5-1225. – URL: <http://engjournal.ru/articles/1225/1225.pdf> (дата обращения: 14.05.2019).

3. Бабко А.Н., Инютин С.П. Энергетический и световой аудит в зданиях, сооружениях и уличном освещении: учебное пособие. – Астана: [б. и.], 2014. – 174 с.
4. Halonen L. Guidebook on energy efficient electric lighting for buildings. – Finland: Aalto University School of Science and Technology Lighting Unit, 2010. – 376 p.
5. Automatic lighting control system and architecture using ambient light sensor / H.-C. Kang, J.-S. Sung, S.-H. Park, H.-J. Kang, J.-W. Choi, T.-G. Kang // 10th International Conference on Systems. – Barcelona, 2015. – P. 44–45.
6. Капцов В.А., Дейнего В.Н. Светодиодное освещение – вред здоровью или польза энергосбережению? Спор американских ассоциаций [Электронный ресурс] // Энергосовет. – 2016. – № 3 (45). – С. 33–36. – URL: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=610](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=610) (дата обращения: 14.05.2019).
7. Закгейм А.Л. Светодиодные системы освещения: энергоэффективность, зрительное восприятие, безопасность для здоровья // Светотехника. – 2012. – № 6. – С. 12–21.
8. Сысоева Е.А., Подольная Н.Н. Нормы искусственного освещения: российский и европейский опыт // Безопасность жизнедеятельности. – 2018. – № 7. – С. 3–11.
9. Развитие российских светодиодных технологий: освещение, биологически адаптированное для человека. Стратегическая программа исследований. – М.: СПб., 2015. – 57 с.
10. Caicedo D., Pandharipande A., Leus G. Occupancy-based illumination control of LED lighting systems // Lighting Research and Technology. – 2011. – N 43. – P. 217–234. – DOI: 10.1177/1477153510374703.
11. Бакланов А.Е., Квасов А.И., Григорьева С.В. Моделирование и экспериментальное изучение размещения светодиодных осветителей офисных помещений // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. – 2015. – № 3 (69). – С. 115–122.
12. Caicedo D., Pandharipande A. Daylight and occupancy adaptive lighting control system: an iterative optimization approach // Lighting Research and Technology. – 2016. – N 48, iss. 6. – P. 661–675. – DOI: 10.1177/1477153515587148.
13. Gentile N., Laike T., Dubois M.C. Lighting control systems in individual offices rooms at high latitude: measurements of electricity savings and occupants' satisfaction // Solar Energy. – 2016. – Vol. 127. – P. 113–123.
14. Fuzzy logic controller for energy savings in a smart LED lighting system considering lighting comfort and daylight / J. Liu, W. Zhang, X. Chu, Y. Liu // Energy and Buildings. – 2016. – Vol. 127. – P. 95–104.
15. Study of illumination properties of high-power LEDs in various temperature conditions / Ye. Grigoryev, S. Grigoryeva, V. Sayun, D. Titov // 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM). – Erlagol, Russia, 2017. – P. 309–313. – DOI: 10.1109/EDM.2017.7981762.
16. Analysis energy efficiency of automated control system of LED lighting / S. Grigoryeva, A. Baklanov, D. Titov, V. Sayun, E. Grigoryev // 2017 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2017). – Astana, Kazakhstan, 2017. – DOI: 10.1109/SIBCON.2017.7998488.
17. DIALuxHelp. Расчет и проектирование освещения [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.dialux-help.ru/uchebnik/soderzhanie.html> (дата обращения: 14.05.2019).
18. Григорьева С.В., Григорьев Е.А. Оптимизация размещения светодиодных осветительных приборов для организации равномерного освещения офисных помещений // Студент: наука, профессия, жизнь: материалы II Всероссийской студенческой научной конференции с международным участием. – Омск, 2015. – С. 86–90.
19. Свод правил Республики Казахстан: СП РК 2.04-104-2012. Государственные нормы в области архитектуры, градостроительства и строительства. Естественное и искусственное освещение. – Астана, 2018. – 109 с.
20. Audio transmission system using white LEDs / A. Baklanov, S. Grigoryeva, A. Alimkhanova, E. Grigoryev, V. Sayun // 2019 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2019). – Tomsk, Russia, 2019.

*Дмитриев Александр Капитонович*, доктор физико-математических наук, профессор кафедры лазерных систем Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – оптические и лазерные технологии. E-mail: alexander\_dmitriev@ngs.ru

*Бакланов Александр Евгеньевич*, кандидат физико-математических наук по специальности «Радиофизика», ассоциированный профессор кафедры «Приборостроение и автоматизация технологических процессов» Восточно-Казахстанского государственного технического университета. Направления научной деятельности связаны с изучением оптических оптико-электронных приборов и комплексов. E-mail: ABaklanov\_62@mail.ru

*Саяун Владимир Михайлович*, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника» Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Основное направление научных исследований – современная электроника, модуляционные источники питания. E-mail: svm@ie.tusur.ru

*Бакланова Ольга Евгеньевна*, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Восточно-Казахстанского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – компьютерное зрение, цифровая фильтрация сигналов и изображений. E-mail: OEBaklanova@mail.ru

*Григорьева Светлана Владимировна*, доктор философии по направлению «Автоматизация и управление», старший преподаватель кафедры «Приборостроение и автоматизация технологических процессов» Восточно-Казахстанского государственного технического университета. Область научных исследований связана с изучением параметров и режимов работы мощных светодиодов, моделированием систем управления, разработкой программного обеспечения для систем автоматизации. E-mail: SGrigorieva@ektu.kz

*Алимханова Аслима Жеңісқызы*, докторант кафедры «Приборостроение и автоматизация технологических процессов» Восточно-Казахстанского государственного технического университета. Область научных исследований – разработка автоматизированных систем с использованием технологии VLC. E-mail: aslima\_alimhanova@mail.ru

*Dmitriev Alexander Kapitonovich*, D.Sc. (Phys.&Math.), professor at the department of laser systems, Novosibirsk State Technical University. His research interests are focused on optical and laser technologies. E-mail: alexander\_dmitriev@ngs.ru

*Baklanov Alexander Evgenievich*, PhD (Phys.&Math.), an associate professor at the department of instrumentation and automation of manufacturing processes, East Kazakhstan State Technical University. His research activity is related to optical and electron devices and complexes. E-mail: ABaklanov\_62@mail.ru

*Sayun Vladimir Mikhailovich*, PhD (Eng.), an associate professor at the department of industrial electronics, Tomsk State Institute of Control Systems and Radio Electronics. The main field of his research is modern electronics and modulation power supply sources. E-mail: svm@ie.tusur.ru

*Baklanova Olga Evgenievna*, PhD (Phys.&Math.), professor, department of computer and mathematical modeling, East Kazakhstan State Technical University. Her research interests are focused on computer vision and digital signal and image filtration. E-mail: OEBaklanova@mail.ru

*Grigorieva Svetlana Vladimirovna*, PhD in automation and control, assistant professor at the department of instrumentation and automation of manufacturing processes, East Kazakhstan State Technical University. Her research activity is focused on parameters and operating modes of powerful LEDs, control system modeling and development of software for automation systems. E-mail: SGrigorieva@ektu.kz

*Alikhanova Aslima Zh.*, postdoctoral student, department of instrumentation and automation of manufacturing processes, East Kazakhstan State Technical University. Her research field is development of automated systems based on the VLC technology. E-mail: aslima\_alimhanova@mail.ru

DOI: 10.17212/1814-1196-2019-2-7-20

***A uniform lighting system using a webcam\****A.K. DMITRIEV<sup>1,a</sup>, A.E. BAKLANOV<sup>2,b</sup>, V.M. SAYUN<sup>3,c</sup>, O.E. BAKLANOVA<sup>2,d</sup>,  
S.V. GRIGORIEVA<sup>2,e</sup>, A.ZH. ALIMKHANOVA<sup>2,f</sup><sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, 20, K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073 Russian Federation<sup>2</sup> East Kazakhstan State Technical University, 69, A.K. Protozanova St., Ust-Kamenogorsk, 070004, Kazakhstan<sup>3</sup> Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 40, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russian Federation<sup>a</sup> alexander\_dmitriev@ngs.ru   <sup>b</sup> ABaklanov\_62@mail.ru   <sup>c</sup> svm@ie.tusur.ru<sup>d</sup> OEBaklanova@mail.ru   <sup>e</sup> SGrigorieva@ektu.kz   <sup>f</sup> aslima\_alimhanova@mail.ru**Abstract**

This paper is concerned with the development of a led lighting control system to ensure unvarying shadowless lighting. Ensuring unvarying shadowless lighting is necessary for both employees of medical institutions, for example, during surgical operations, and at enterprises where high-precision equipment is used. The proposed technique of lighting control allows to ensure unvarying illumination in accordance with the regulatory documents and taking into account natural light. The paper proposes a system of illumination correction by controlling led lamps in the office space. Illumination control in the developed system is carried out using a personal computer. For this purpose, the software was developed to correct the illumination of the led lighting system in the Visual Studio.NET environment in the C# language. To test the proposed technique, an experimental installation was developed using the Arduino UNO BOARD card, where a webcam was used as a light sensor. The correction of illumination of the led lighting system was carried out by adding a microcontroller. As a result, a system that maintains a predetermined level of illumination in pre-selected areas of the working surface of premises has been developed.

**Keywords:** LED lighting, lighting system, webcam, lighting control system, light sensor, Arduino UNO board, microcontroller

**REFERENCES**

1. *Light's labour's lost: policies for energy-efficient lighting*. International Energy Agency. Paris, OECD/IEA, 2006. 7 p. (In Russian).
2. Dadonov V.A., Bondar A.A. Analiz razvitiya i sovremennogo sostoyaniya rynka svetotekhniki [Analysis of development and current situation on the lighting engineering market]. *Inzhenernyi zhurnal: nauka i innovatsii – Engineering Journal: Science and Innovation*, 2014, no. 5 (29), pp. 1–13. DOI: 10.18698/2308-6033-2014-5-1225. Available at: <http://engjournal.ru/articles/1225/1225.pdf> (accessed 14.05.2019).
3. Babko A.N., Inyutin S.P. *Energeticheskii i svetovoi audit v zdaniyakh, sooruzheniyakh i ulichnom osveshchenii* [Energy and light audit in buildings, structures and street lighting]. Astana, 2014. 174 p.
4. Halonen L. *Guidebook on energy efficient electric lighting for buildings*. Finland, Aalto University School of Science and Technology Lighting Unit, 2010. 376 p.
5. Kang H.-C., Sung J.-S., Park S.-H., Kang H.-J., Choi J.-W., Kang T.-G. Automatic lighting control system and ambient light sensor. *10th International Conference on Systems*, Barcelona, 2015, pp. 44–45.
6. Kaptsov V.A., Deinego V.N. Svetodiodnoe osveshchenie – vred zdorov'yu ili pol'za energosberezheniyu? Spor amerikanskikh assotsiatsii [LED lighting – harm to health or benefits of energy saving? Dispute of American Associations]. *Energosovet*, 2016, no. 3 (45), pp. 33–36. Available at: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=610](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=610) (accessed 14.05.2019).
7. Zakgeim A.L. Svetodiodnye sistemy osveshcheniya: energoeffektivnost', zritel'noe vospriyatie, bezopasnost' dlya zdorov'ya [led lighting systems: energy efficiency, visual perception, safety for health]. *Svetotekhnika – Light & Engineering*, 2012, no. 6, pp. 12–21.

---

\* Received 14 January 2019.

8. Sysoeva E.A., Podol'naya N.N. Normy iskusstvennogo osveshcheniya: rossiiskii i evropeiskii opyt [Standards of artificial lighting: Russian and European experience]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti – Life safety*, 2018, no. 7, pp. 3–11.

9. *Razvitie rossiiskikh svetodiodnykh tekhnologii: osveshchenie, biologicheski adaptirovannoe dlya cheloveka. Strategicheskaya programma issledovaniy* [The development of Russian LED technology: lighting, biologically adapted for humans. Strategic research program]. Moscow, St. Petersburg, 2015. 57 p.

10. Caicedo D., Pandharipande A., Leus G. Occupancy-based illumination control of LED lighting systems. *Lighting Research and Technology*, 2011, no. 43, pp. 217–234. DOI: 10.1177/1477153510374703.

11. Baklanov A.E., Kvasov A.I., Grigor'eva S.V. Modelirovanie i eksperimental'noe izuchenie razmeshcheniya svetodiodnykh osvetitelei ofisnykh pomeshchenii [Modeling and experimental study of the placement of LED illuminators for office premises]. *Vestnik VKGTU im. D. Serikbaeva – Vestnik of D. Serikbaev EKSTU*, 2015, no. 3 (69), pp. 115–122.

12. Caicedo D., Pandharipande A. Daylight and occupancy adaptive lighting control system: an iterative optimization approach. *Lighting Research and Technology*, 2016, vol. 48, iss. 6, pp. 661–675. DOI: 10.1177/1477153515587148.

13. Gentile N., Laike T., Dubois M. Lighting control systems in individual offices rooms at high latitude: measurements of electricity savings and occupants' satisfaction. *Solar Energy*, 2016, vol. 127, pp. 113–123.

14. Liu J., Zhang W., Chu X., Liu Y. Fuzzy logic controller for energy savings in a smart LED lighting system considering lighting comfort and daylight. *Energy and Buildings*, 2016, vol. 127, pp. 95–104.

15. Grigoryev Ye., Grigoryeva S., Sayun V., Titov D. Study of illumination properties of high-power LEDs in various temperature conditions. *18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM)*, Erlagol, Russia, 2017, pp. 309–313. DOI: 10.1109/EDM.2017.7981762.

16. Grigoryeva S., Baklanov A., Titov D., Sayun V., Grigoryev E. Analysis energy efficiency of automated control system of LED lighting. *2017 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2017)*. Astana, Kazakhstan, 2017. DOI: 10.1109/SIBCON.2017.7998488.

17. *DIALuxHelp. Raschet i proektirovanie osveshcheniya* [DIALux Help. Calculation and design of lighting]. Available at: <http://www.dialux-help.ru/uchebnik/soderzhanie.html>. (accessed 14.05.2019).

18. Grigoryeva S.V., Grigoryev E.A. [Optimizing the placement of LED lighting products, to organize uniform office lighting]. *Student: nauka, professiya, zhizn': materialy II Vserossiiskoi studentcheskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Proceedings 2<sup>nd</sup> Russian Student Scientific Conference with international participation "Student: science, profession, life"]. Omsk, Russia, 2015, pp. 86–90. (In Russian).

19. *Svod pravil Respubliki Kazakhstan: SP RK 2.04-104-2012. Gosudarstvennye normativy v oblasti arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'stva. Estestvennoe i iskusstvennoe osveshchenie* [The rules of the Republic of Kazakhstan: SP RK 2.04-104-2012. Government regulations in the field of architecture, urban planning and construction. Natural and artificial lighting]. Astana, 2018. 109 p.

20. Baklanov A., Grigoryeva S., Alimkhanova A., Grigoryev E., Sayun V. Audio transmission system using white LEDs. *2019 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2019)*, Tomsk, Russia, 2019.

#### Для цитирования:

Система обеспечения равномерного освещения с использованием веб-камеры / А.К. Дмитриев, А.Е. Бакланов, В.М. Саюн, О.Е. Бакланова, С.В. Григорьева, А.Ж. Алимханова // Научный вестник НГТУ. – 2019. – № 2 (75). – С. 7–20. – DOI: 10.17212/1814-1196-2019-2-7-20.

#### For citation:

Dmitriyev A.K., Baklanov A.E., Sayun V.M., Baklanova O.E., Grigoryeva S.V., Alimkhanova A.Zh. Sistema obespecheniya ravnomernogo osveshcheniya s ispol'zovaniem veb-kamery [Uniform lighting system using a webcam]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2019, no. 2 (75), pp. 7–20. DOI: 10.17212/1814-1196-2019-2-7-20.