

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ. ПРОБЛЕМЫ ЖКК. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ЭКОЛОГИЯ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ/RESEARCH PAPER

УДК 613.5:644.36

DOI: 10.22227/2305-5502.2024.1.10

Влияние освещенности на создание комфортных условий труда

Юлия Олеговна Кустикова, Роман Романович Умрилов,
Анастасия Сергеевна Румянцева, Анастасия Александровна Моисеева
*Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. В современном обществе широко используются различные типы осветительных приборов с разнообразной формой, цветом и яркостью. Однако не все они эффективно выполняют свои функции и могут негативно влиять на здоровье человека. Выявлены оптимальные параметры освещения с учетом безопасности и энергоэффективности. Ключевые аспекты включают анализ спектров ламп накаливания, люминесцентных и светодиодных с использованием спектрометра, а также оценку их влияния на зрение и психическое здоровье сотрудников, работающих в офисном помещении, с помощью письменного опроса.

Материалы и методы. Проведен анализ освещенности, светового потока и экономичности рабочих мест в офисных помещениях.

Результаты. Анализ полученных данных позволил определить рациональность применения исследованных спектров различных типов ламп. Результаты исследования будут полезны как для специалистов и производителей в области светотехники, так и конечных потребителей.

Выводы. Приведены рекомендации по использованию светодиодных ламп в качестве основного источника освещения в помещениях офисного типа. Эти лампы обеспечивают практически равномерный спектр, что создает оптимальные условия для зрения и снижает негативное воздействие на психическое здоровье. Освещение рабочего пространства предлагается дополнить индивидуальными источниками света в виде настольных ламп желтоватого оттенка на каждом рабочем месте сотрудника. Светодиодные лампы не только энергоэффективны, но и способствуют формированию комфортной и безопасной рабочей среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лампа, спектр, спектрометр, лампа накаливания, люминесцентная лампа, светодиодная лампа, интенсивность освещения, световой поток, диаграмма направленности ламп, влияние света на здоровье человека, влияние освещения на здоровье человека

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Кустикова Ю.О., Умрилов Р.Р., Румянцева А.С., Моисеева А.А. Влияние освещенности на создание комфортных условий труда // Строительство: наука и образование. 2024. Т. 14. Вып. 1. Ст. 10. URL: <http://Inso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.1.10

Автор, ответственный за переписку: Юлия Олеговна Кустикова, KustukovaYO@mgsu.ru.

Influence of illumination on creation of comfortable working conditions

Yulia O. Kustikova, Roman R. Umrilov, Anastasia S. Rumyantseva,
Anastasia A. Moiseeva
*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. In modern society, different types of lighting fixtures with a variety of shapes, colours and brightness are widely used. However, not all of them effectively fulfil their functions and can negatively affect human health. Optimal lighting parameters are identified, taking into account safety and energy efficiency. Key aspects include the analysis of the spectra

of incandescent, fluorescent and LED lamps using a spectrometer and assessing their impact on the vision and mental health of employees working in an office space through a written survey.

Materials and methods. The illuminance, luminous flux and economy of workstations in office premises were analyzed.

Results. The analysis of the obtained results allowed to determine the rationality of application of the investigated spectra of different types of lamps. The results of the research will be useful both for specialists and manufacturers in the field of lighting engineering, as well as end users.

Conclusions. Recommendations for the use of LED lamps as the main source of lighting in office-type premises are given. These lamps provide an almost uniform spectrum, which creates optimal conditions for vision and reduces the negative impact on mental health. It is proposed to supplement the workspace lighting with individual light sources in the form of desk lamps of a yellowish shade at each employee's workplace. LED lamps are not only energy efficient, but also contribute to the formation of a comfortable and safe working environment.

KEYWORDS: lamp, spectrum, spectrometer, incandescent lamp, fluorescent lamp, LED lamp, light intensity, luminous flux, lamp pattern, effect of light on human health, effect of light on human health, effect of lighting on human health

FOR CITATION: Kustikova Yu.O., Umrirov R.R., Rumyantseva A.S., Moiseeva A.A. Influence of illumination on creation of comfortable working conditions. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2024; 14(1):10. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.1.10

Corresponding author: Yulia O. Kustikova, KustukovaYO@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом развиваются компьютерные технологии. Люди все больше начинают работать на компьютерах. Чаще всего они трудятся в больших светлых офисах, где находится множество людей, они считают, пишут или проектируют. Проводя рабочий день за столом, работая за компьютером или заполняя и разбирая документы, важно следить за здоровьем. Ведь даже банальное освещение рабочего места может повлиять на самочувствие. К концу рабочего дня может появиться раздражительность и усталость. Разумеется, следует выходить с работы с хорошим настроением и самочувствием и с удовольствием приходить на нее. Да и работодателям приятнее работать со здоровым и открытым коллективом.

На фоне стремительного развития информационных технологий и интенсивного использования компьютеров вопрос об освещении рабочих пространств приобретает особую актуальность. Многие из нас проводят значительное время за рабочими столами в офисах, где качество освещения оказывает прямое воздействие на физическое здоровье и эмоциональное состояние. Понимание влияния различных типов освещения на здоровье человека становится неотъемлемой частью стремления создать оптимальные условия труда, которые способствовали бы не только производительности, но и общему уровню комфорта.

Сегодня в условиях разнообразия осветительных приборов различных яркости, цвета и формы необходимо сделать выбор в пользу технологий, которые не только обеспечивают высокую эффективность, но и учитывают влияние светового спектра на организм человека [1–4]. В данном исследовании авторы ставят перед собой задачу провести комплексный анализ различных типов ламп — от традиционных ламп накаливания до современных светодиодных и люминесцентных, с целью определить оптимальные параметры освещения, учитывающие

как энергоэффективность, так и влияние на физическое и психическое здоровье работающих.

Этот аспект приобретает особую важность в свете современных требований к организации рабочих пространств и улучшению условий труда. Результаты настоящего исследования имеют практическую ценность для работодателей и специалистов в области организации рабочих мест, занимающихся созданием эргономичных и энергосберегающих условий, способствующих поддержанию здоровья и повышению производительности труда.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель исследования — выявление оптимальных параметров освещения в офисных помещениях с учетом безопасности и энергоэффективности, анализ влияния различных типов ламп (накаливания, люминесцентных, светодиодных) на зрение и психическое здоровье сотрудников, работающих за компьютерами, с последующим рекомендованным выбором осветительных источников.

Использован комплексный подход, включающий анализ спектров различных типов ламп, а также оценку их воздействия на зрение и психическое здоровье, путем опроса участников.

При измерении спектров ламп применялся спектрометр — оптический прибор, способный регистрировать и анализировать электромагнитный спектр излучения (рис. 1). Это позволило провести



Рис. 1. Спектрометр

точные измерения спектров ламп накаливания, люминесцентных и светодиодных, выделяя особенно-сти их эмиссионных характеристик.

Анализ результатов измерений спектров производился с целью выявления основных характеристик спектров каждого типа лампы. Особое внимание уделялось интенсивности излучения в различных диапазонах видимого света, а также выделению потенциальных негативных факторов, таких как переходы цветового спектра и мерцание света [5–10].

В рамках исследования проведены анкетные опросы среди работников, целью которых было выявление предпочтений в использовании различных источников света и оценка восприятия различных типов освещения. Дополнительно проведено наблюдение за физиологическими реакциями сотрудников в условиях различных источников света, чтобы выявить возможные физические и эмоциональные реакции.

Выполнен анализ энергопотребления каждого типа лампы с учетом их характеристик. Произведены расчеты затрат на освещение в различных сценариях использования, что позволило выделить оптимальные варианты для обеспечения нужного уровня освещенности при минимальном потреблении электроэнергии.

Путем сопоставления полученных данных осуществлен сравнительный анализ различных типов ламп с учетом их эффективности, воздействия на здоровье и экономической выгоды. Это дало возможность выявить наилучшие практические решения для обеспечения оптимальных условий освещения в офисных помещениях.

Такой комплексный подход к материалам и методам позволяет получить всестороннюю картину влияния различных типов освещения на здоровье человека и производительность труда, что служит основой для формирования рекомендаций по выбору оптимальных источников света в рабочих условиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В начале исследования произведен опрос сотрудников офиса в конце рабочего дня об их самочувствии. Анкета содержала следующие вопросы:

1. Чувствуете ли вы усталость в конце рабочего дня? (Да/Нет).

2. Ощущаете ли вы «напряжение» в глазах при работе за компьютером или документами? (Да/Нет).

3. Ощущаете ли вы себя раздраженным(ой) в конце рабочего дня? (Да/Нет).

4. Ухудшилось ли ваше зрение со времени начала активной работы в офисном помещении? (Да/Не заметил(а)).

5. Хотите ли вы улучшить условия труда касаясь освещения рабочего пространства? (Да/Все устраивает).

В опросе приняло участие 20 человек.

На 1-й вопрос 16 из 20 человек выбрали ответ «Да».

На 2-й вопрос 19 из 20 человек выбрали ответ «Да».

На 3-й вопрос 12 из 20 человек выбрали ответ «Да».

На 4-й вопрос 8 из 20 человек выбрали ответ «Да».

На 5-й вопрос 17 из 20 человек выбрали ответ «Да».

Проанализировав результаты анкетирования, составлена диаграмма удовлетворенности освещением в офисном помещении и на рабочем месте. Результаты приведены на рис. 2.

Далее необходимо было измерить спектр каждой из ламп: накаливания, люминесцентной и диодной.

Лампы накаливания имеют непрерывный (сплошной) спектр (рис. 3). Единственное, что в желто-красной зоне он более интенсивный, а в голубой наоборот. Поэтому свет этих ламп для нас кажется желтоватым.

Сплошной или непрерывный спектр — это спектр электромагнитного излучения, распределение энергии в котором характеризуется непрерывной функцией частоты излучения или длины его волны (рис. 4).

Спектр люминесцентной лампы — прерывистый (линейчатый) (рис. 5, 6). Это можно объяснить тем, что в таких лампах используют газ — люминофор. Глаз этого явно не замечает, но на подсознательном уровне это проявляется в повышенной усталости, раздражительности, дискомфорте.

В светодиодных лампах, как правило, применяется хороший люминофор, и поэтому спектр такой



Рис. 2. Диаграмма удовлетворенности работников освещением офиса и рабочих мест

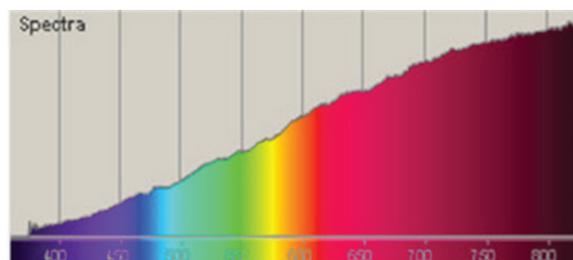


Рис. 3. Спектр лампы накаливания



Рис. 4. Вид сплошного спектра

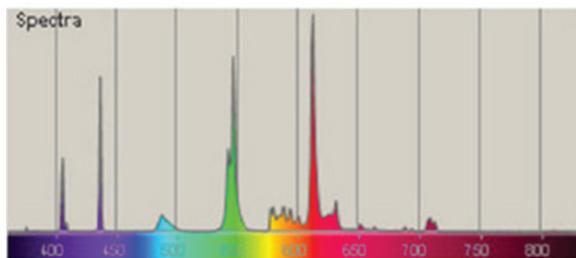


Рис. 5. Спектр люминесцентных ламп

лампы практически равномерный, что негативно не сказывается на здоровье и самочувствии человека (рис. 7) [11, 12].

Таким образом, сделан вывод о том, что лампы накаливания обладают непрерывным спектром, что придает свету желтоватый оттенок. Люминесцентные лампы имеют прерывистый спектр, что может вызывать усталость и раздражение. Светодиодные лампы обеспечивают практически равномерный спектр, создавая при этом более комфортные условия для зрения и психического благополучия [13–20].

Выполним теоретический примерный расчет затрат энергии на освещение.

В среднем значение энергопотребления лампы накаливания составляет 60 Вт или 0,06 кВт.

Усредненное значение для энергопотребления люминесцентных ламп — 11 Вт или 0,011 кВт.

Среднее энергопотребление светодиодных ламп — 8 Вт или 0,008 кВт.

Теоретически мы обеспечили освещенность рабочих мест согласно нормативным требованиям¹. Для офисных помещений и рабочих кабинетов необходимо 300 лм/м².

В офисе — 25 рабочих мест по 4м² каждое. Получается необходимо обеспечить световой поток в 30 000 лм.

Если использовать только лампы накаливания, то понадобится примерно 38 ламп, а это суммарно 2,28 кВт. Свет будет только желтый.

¹ СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 07.11.2016 № 777/пр).

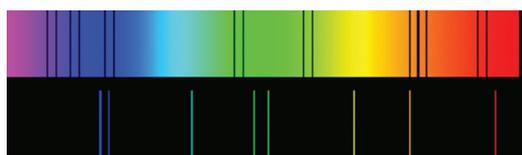


Рис. 6. Вид линейчатого спектра

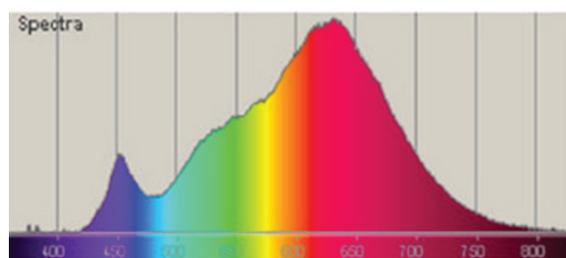


Рис. 7. Спектр светодиодной лампы

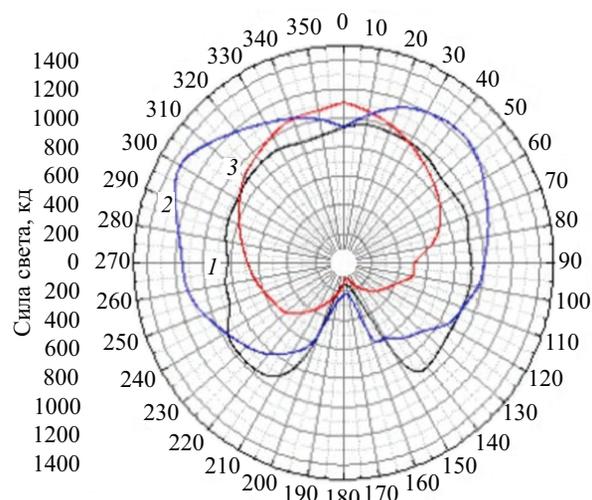


Рис. 8. Диаграмма направленности ламп на расстоянии 50 см: 1 — накаливания; 2 — люминесцентная; 3 — диодная лампы [5]

При применении только люминесцентных ламп необходимо 120 ламп, а это суммарно 1,32 кВт. Свет будет постоянно мерцать.

Если использовать только светодиодные лампы, то потребуется примерно 67 ламп, суммарно 0,5 кВт. Свет будет слишком белый.

Такое разное значение показателей светового потока ламп обусловлено их разнонаправленностью. Диаграмма направленности ламп накаливания, люминесцентных и диодных представлена на рис. 8 [5].

В рамках исследования было рассмотрено энергопотребление различных типов ламп. Предложено использование светодиодных ламп в качестве основного источника освещения, обеспечивающих высокую эффективность и равномерность светового потока. Рекомендуется также введение индивидуального освещения на рабочих местах с помощью ламп накаливания для создания комфортных условий для работы и снижения энергопотребления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерений и анализа спектров различного освещения позволяют рекомендовать использование светодиодных ламп в качестве основного источника света. Светодиодные лампы обеспечивают практически равномерный спектр,

что создает оптимальные условия для зрения и снижает негативное воздействие на психическое здоровье человека. Особенно важно подчеркнуть, что светодиодные лампы не только энергоэффективны, но и способствуют формированию комфортной рабочей среды.

В процессе проведенного исследования становится ясным, что правильный выбор и организация освещения в офисных помещениях играют важную роль в обеспечении не только комфорта, но и здоровья сотрудников. Разнообразные характеристики спектров ламп непосредственно влияют на зрение и общее самочувствие людей, которые проводят большую часть времени в помещении.

Самый лучший свет для зрения, разумеется, естественный солнечный. Но и здесь есть свои нюансы: так, смотреть на яркое солнце без темных очков не рекомендуется, а долгое пребывание на палящем солнце без защиты глаз может привести к нарушению зрения и способствовать развитию раз-

личных заболеваний глаз. Наиболее рациональный вариант — это чуть рассеянный дневной белый свет.

С учетом рекомендаций по затратам электроэнергии и эргономике освещения предложено введение индивидуального освещения на рабочих местах с использованием ламп накаливания. Этот подход позволяет сохранить эффективность освещения при снижении общих затрат на электроэнергию.

Настоящее исследование подчеркивает важность гармоничного сочетания технологических и эргономических аспектов при выборе осветительных систем. Оптимальные условия освещения не только способствуют повышению производительности и уровня комфорта работников, но и в долгосрочной перспективе могут сэкономить энергоресурсы и поддерживать здоровье сотрудников. Рекомендации данного исследования призваны служить практическим руководством для создания современных и эффективных систем освещения в офисных условиях, способствуя созданию здоровых и продуктивных рабочих мест.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Ткачева Е.И., Аристова Е.А.* Свет и источники света // Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процессов : сб. мат. XII Междунар. науч.-практ. конф. 2023. С. 141–149. EDN FZEYVV.
2. *Блохинцев А.А., Осипов Д.Г., Садетдинова А.А.* Современные энергосберегающие источники света, их типы и конструкции, экологические аспекты применения энергосберегающих источников света // Процессы техносферы: региональный аспект : сб. мат. I Всерос. науч.-практ. конф. 2018. С. 64–70. EDN YLYPCP.
3. *Блинов В.А., Смирнов Л.Н., Блинов В.В.* Совершенствование естественного освещения в жилых и офисных зданиях // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2012. № 2. С. 23–26. EDN PARNXB.
4. *Скорик Ю.А.* Об освещении рабочих мест как о части производственного процесса // Молодой ученый. 2022. № 27 (422). С. 37–39. EDN IXKVOR.
5. *Василеска И., Корнеева М.А., Стёпин В.П.* Сравнительный анализ спектрально-фотометрических характеристик бытовых источников света // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, информатика, физика. 2016. № 1. С. 91–98. EDN VSAPSR.
6. *Ingabo S.N., Chaiwivatworakul P.* Integrating daylighting with task-ambient lighting for enhanced energy savings in office spaces // Journal of Energy and Safety Technology (JEST). 2021. Vol. 4. Issue 2. DOI: 10.11113/jest.v4n2.93
7. *Kim K.R., Lee K.S., Lee J.* A study on the evaluation methods of indoor light environment for occupant comfort and well-being // Journal of Green Building. 2023. Vol. 18. Issue 4. Pp. 99–128. DOI: 10.3992/jgb.18.4.99
8. *Моргунов Д.Н., Васильев С.И.* Исследование спектральных характеристик электрических источников света // Вестник аграрной науки Дона. 2017. № 2 (38). С. 5–13. EDN ZVKCXX.
9. *Berardi U., Anaraki H.K.* Analysis of the impacts of light shelves on the useful daylight illuminance in office buildings in Toronto // Energy Procedia. 2015. Vol. 78. Pp. 1793–1798. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.310
10. *Khan N., Abas N.* Comparative study of energy saving light sources // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011. Vol. 15. Issue 1. Pp. 296–309. DOI: 10.1016/j.rser.2010.07.072
11. *Копейкина Т.В.* Применение светодиодных осветительных приборов для освещения производственных помещений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 9–3. С. 419–422. EDN UGMAHT.
12. *Осиков М.В., Гизингер О.А., Телешева Л.Ф., Долгушин И.И., Огнева О.И., Федосов А.А. и др.* Исследование эффективности и безопасности для здоровья светодиодных источников света // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 566. EDN RVCWDT.
13. *Бубенчиков А.А., Нурахмет Е.Е., Молодых В.О., Руденок А.И.* Энергосберегающие источники света // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5–3 (47). С. 62–64. DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.289. EDN VXMFNF.
14. *Чистякова Н.В., Даль Н.Ю., Астахов Ю.С.* Влияние света на состояние сетчатки и здоровье в целом: миф или реальность? // Офтальмологические ведомости. 2011. Т. 4. № 3. С. 57–64.

15. Соловей А.В., Гладкая В.С. Комплексное исследование влияния светодиодных источников света на функциональное состояние организма человека // Мат. 54-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. 2018.

16. Шарипова М.Н., Пименова К.А. Влияние освещенности на физиологическое состояние организма человека // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : мат. Всерос. науч.-метод. конф. 2017. С. 1435–1439. EDN YKCTRR.

17. Каменкова А.Д. Автономные источники освещения с различным цветовым спектром и их влияние на человека // Электронные системы и техноло-

гии : мат. 59-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. 2023. С. 155–157. EDN VKVYUK.

18. Иванова Т.А., Смирнова В.М. Влияние спектров источников света на человека // Студенческий научный форум : мат. XI Междунар. студенческой науч. конф. 2019.

19. Иоффе К.И. Биологическое влияние видимого света на организм человека // Светотехника. 2008. С. 21–29.

20. Qian C., Fan X.J., Fan J.J., Yuan C.A., Zhang G.Q. An accelerated test method of luminous flux depreciation for LED luminaires and lamps // Reliability Engineering & System Safety. 2016. Vol. 147. Pp. 84–92. DOI: 10.1016/j.res.2015.11.009

Поступила в редакцию 13 декабря 2023 г.

Принята в доработанном виде 2 февраля 2024 г.

Одобрена для публикации 6 февраля 2024 г.

ОБ АВТОРАХ: **Юлия Олеговна Кустикова** — кандидат технических наук, доцент кафедры жилищно-коммунального комплекса; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 706584, Scopus: 57192558117, ResearcherID: ABF-3524–2020, ORCID: 0000-0002-9671-1258; KustukovaYO@mgsu.ru;

Роман Романович Умрилов — студент; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; umrilovrr@gmail.com;

Анастасия Сергеевна Румянцева — студентка; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; asya8700@gmail.com;

Анастасия Александровна Моисеева — студентка; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; amoiseeva008@gmail.com.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

INTRODUCTION

Every year computer technology is developing. People are starting to work on computers more and more. Most often, they work in large, bright offices with lots of people in them, counting, writing or designing. Spending the working day at a desk, working at a computer or filling in and sorting out documents, it is important to take care of your health. After all, even ordinary lighting in the workplace can affect your well-being. By the end of the working day, irritability and fatigue may appear. Of course, you should leave work with a good mood and well-being and with pleasure to come to it. Employers find it more pleasant to work with a healthy and open team.

Against the backdrop of the rapid development of information technology and the intensive use of computers, the issue of lighting in workspaces is becoming particularly relevant. Many of us spend a significant amount of time at our desks in offices, where the quality of lighting has a direct impact on our physical health and emotional

well-being. Understanding the impact of different types of lighting on human health is becoming an integral part of the quest to create optimal working conditions that promote not only productivity but also overall comfort.

Today, with the variety of lighting devices of different brightness, colour and shape, it is necessary to make a choice in favour of technologies that not only provide high efficiency, but also take into account the impact of the light spectrum on the human body [1–4]. In this research, the authors aim to conduct a comprehensive analysis of different types of lamps, from traditional incandescent lamps to modern LED and fluorescent lamps, in order to determine the optimal lighting parameters that take into account both energy efficiency and the impact on the physical and mental health of workers.

This aspect is of particular importance in the light of modern requirements for the organization of workspaces and improvement of working conditions. The results of this research are of practical value to employers and workplace professionals concerned with creating er-

gonomic and energy-efficient environments that promote health and productivity.

MATERIALS AND METHODS

The aim of the research is to identify the optimal parameters of lighting in office premises, taking into account safety and energy efficiency, to analyze the impact of different types of lamps (incandescent, fluorescent, LED) on vision and mental health of employees working at computers, with the subsequent recommended choice of lighting sources.

An integrated approach was used, involving analysing the spectra of different types of lamps, as well as assessing their impact on vision and mental health, by interviewing participants.

When measuring the spectra of lamps, we used a spectrometer — an optical device capable of recording and analyzing the electromagnetic spectrum of radiation (Fig. 1). This made it possible to make accurate measurements of the spectra of incandescent, fluorescent and LED lamps, highlighting the features of their emission characteristics.

The results of spectra measurements were analyzed to identify the main characteristics of the spectra of each lamp type. Particular attention was paid to the intensity of emission in different ranges of visible light, as well as to the identification of potential negative factors such as colour spectrum transitions and light flicker [5–10].

As part of the research, questionnaire surveys were conducted among employees to identify preferences in the use of different light sources and to assess perceptions of different types of lighting. Additionally, the physiological reactions of employees under different light sources were monitored to identify possible physical and emotional reactions.

The energy consumption of each lamp type was analyzed, taking into account their characteristics. Lighting costs were calculated for different usage scenarios, which allowed us to identify the best options for providing the required level of illumination with minimal energy consumption.

By comparing the obtained data, a comparative analysis of different types of lamps was carried out, taking into account their efficiency, health effects and economic benefits. This enabled the identification



Fig. 1. Spectrometer

of the best practical solutions for providing optimum lighting conditions in office environments.

Such an integrated approach to materials and methods allows us to obtain a comprehensive picture of the impact of different types of lighting on human health and labour productivity, which serves as a basis for the formation of recommendations for the selection of optimal light sources in working conditions.

RESEARCH RESULTS

At the beginning of the research, the office employees were interviewed at the end of the working day about their well-being. The questionnaire contained the following questions:

1. Do you feel tired at the end of the working day? (Yes/No).
2. Do you feel “strain” in your eyes when working on a computer or documents? (Yes/No).
3. Do you feel irritated at the end of the working day? (Yes/No).
4. Has your vision deteriorated since you started working actively in an office environment? (Yes/Not noticed).
5. Would you like to improve working conditions with regard to lighting of the working space? (Yes/All satisfied).

Twenty people participated in the survey.

For question 1, 16 out of 20 people chose the answer “Yes”.

For question 2, 19 out of 20 people chose the answer “Yes”.

For question 3, 12 out of 20 people chose the answer “Yes”.

For question 4, 8 out of 20 people chose the answer “Yes”.

For question 5, 17 out of 20 people chose the answer “Yes”.

Having analyzed the results of the questionnaire survey, a diagram of satisfaction with lighting in the office space and at the workplace was made. The results are shown in Fig. 2.

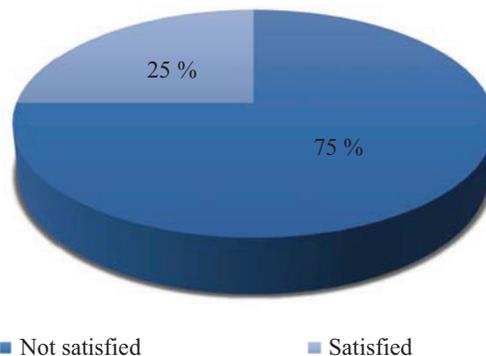


Fig. 2. Diagram of employees' satisfaction with office and workplace lighting

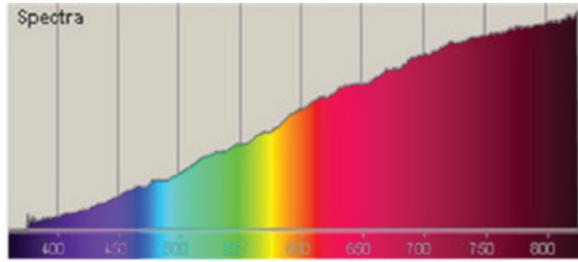


Fig. 3. Spectrum of an incandescent lamp

Next, it was necessary to measure the spectrum of each of the lamps: incandescent, fluorescent and diode.

Incandescent lamps have a continuous (solid) spectrum (Fig. 3). The only thing is that it is more intense in the yellow-red zone and vice versa in the blue zone. Therefore, the light of these lamps appears yellowish to us.

A continuous or continuum spectrum is a spectrum of electromagnetic radiation whose energy distribution is characterized by a continuous function of the frequency of the radiation or its wavelength (Fig. 4).

The spectrum of a fluorescent lamp is discontinuous (linear) (Fig. 5, 6). This can be explained by the fact that such lamps use a gas — phosphor. The eye obviously does not notice it, but at the subconscious level it manifests itself in increased fatigue, irritability, discomfort.

In LED lamps, as a rule, a good phosphor is used, and therefore the spectrum of such a lamp is almost uniform, which does not adversely affect human health and well-being (Fig. 7) [11, 12].

Thus, it is concluded that incandescent lamps have a continuous spectrum, which gives the light a yellowish tinge. Fluorescent lamps have an intermittent spectrum, which can cause fatigue and irritation. LED lamps provide an almost uniform spectrum, while creating a more comfortable environment for vision and mental well-being [13–20].

Let us perform a theoretical approximate calculation of energy consumption for lighting.



Fig. 4. View of the continuous spectrum

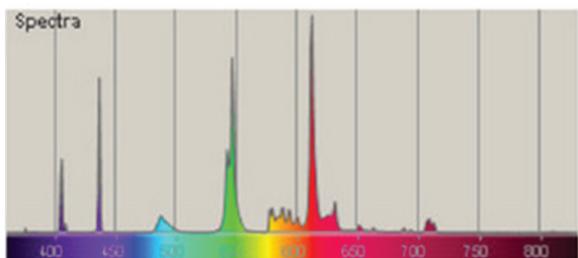


Fig. 5. Spectrum of fluorescent lamps

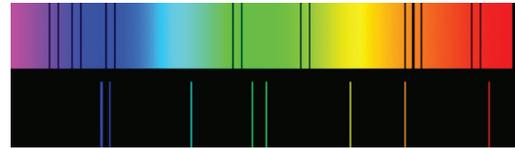


Fig. 6. Linear spectrum view

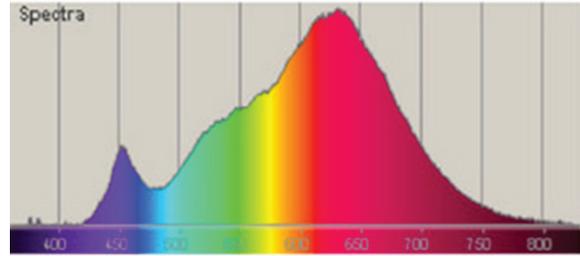


Fig. 7. LED lamp spectrum

The average energy consumption of an incandescent bulb is 60 W or 0.06 kW.

The average value for the energy consumption of fluorescent lamps is 11 W or 0.011 kW.

The average power consumption of LED lamps is 8 W or 0.008 kW.

Theoretically, we have ensured the illumination of workplaces according to the normative requirements¹. For offices and workrooms 300 lm/m² is required.

The office has 25 workstations of 4 m² each. It is necessary to provide a light flux of 30,000 lm.

If only incandescent bulbs are used, approximately 38 bulbs will be needed, in total 2.28 kW. The light will be yellow only.

If only fluorescent lamps are used, 120 lamps will be needed, in total 1.32 kW. The light will flicker constantly.

¹ CP 52.13330.2016. Natural and artificial lighting. Updated edition of SNiP 23-05-95* (approved by the order of the Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation from 07.11.2016 No. 777/pr).

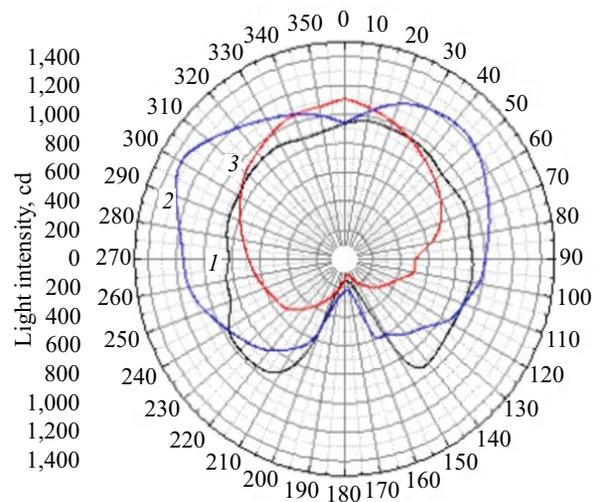


Fig. 8. Diagram of directivity of lamps at a distance of 50 cm: 1 — incandescent; 2 — fluorescent; 3 — diode lamp [5]

If only LED lamps are used, approximately 67 lamps will be needed, in total 0.5 kW. The light will be too white.

Such a different value of indicators of luminous flux of lamps is due to their different directionality. The diagram of directivity of incandescent, fluorescent and diode lamps is shown in Fig. 8 [5].

The research considered the energy consumption of different types of lamps. It is proposed to use LED lamps as the main source of lighting, providing high efficiency and uniformity of luminous flux. It is also recommended to introduce individual lighting at workplaces using incandescent lamps to create comfortable working conditions and reduce energy consumption.

CONCLUSION

The results of measurements and analyses of spectra of different lighting allow recommending the use of LED lamps as the main light source. LED lamps provide an almost uniform spectrum, which creates optimal conditions for vision and reduces the negative impact on human mental health. It is especially important to emphasise that LED lamps are not only energy efficient, but also contribute to the formation of a comfortable working environment.

In the course of this research, it becomes clear that the correct choice and organization of lighting in office

premises play an important role in ensuring not only the comfort but also the health of employees. The various characteristics of lamp spectrums directly affect the vision and general well-being of people who spend most of their time indoors.

The best light for eyesight is, of course, natural sunlight. However, there are nuances here too: it is not recommended to look at the bright sun without dark glasses, and a long stay in the scorching sun without eye protection can lead to visual impairment and contribute to the development of various eye diseases. The most rational option is a slightly diffused daylight white light.

Taking into account the recommendations on energy costs and lighting ergonomics, it is proposed to introduce individual lighting at workplaces using incandescent lamps. This approach makes it possible to maintain lighting efficiency while reducing overall energy costs.

This research emphasizes the importance of balancing technological and ergonomic aspects when selecting lighting systems. Optimal lighting conditions not only contribute to the productivity and comfort levels of employees, but can also save energy and maintain employee health in the long term. The recommendations of this research are intended to provide practical guidance for creating modern and efficient lighting systems in office environments, contributing to healthy and productive workplaces.

REFERENCES

1. Tkacheva E.I., Aristova E.A. Light and light sources. *The development of modern science and technology in the context of transformational processes : collection of materials of the XII International Scientific and Practical Conference*. 2023; 141-149. EDN FZEYVV. (rus.).
2. Blokhintsev A.A., Osipov D.G., Sadetdinova A.A. Modern energy-saving sources of light, their type and construction, environmental aspects of the use of energy-saving sources of light. *Technosphere processes: a regional aspect : collection of materials of the I All-Russian scientific and practical conference*. 2018; 64-70. EDN YLYPCP. (rus.).
3. Blinov V.A., Smirnov L.N., Blinov V.V. Improvement of natural lighting in residential and office buildings. *Akademicheskij vestnik UralNIIProekt RAASN*. 2012; 2:23-26. EDN PARNXB. (rus.).
4. Skorik Yu.A. On lighting workplaces as part of the production process. *Young Scientist*. 2022; 27(422): 37-39. EDN IXKVOR. (rus.).
5. Vasilevska I., Korneeva M.A., Stepin V.P. Comparative analysis of spectral-photometric characteristics of domestic sources of light. *RUDN Journal of Mathematics, Information Sciences and Physics*. 2016; 1:91-98. EDN VSAPSR. (rus.).
6. Ingabo S.N., Chaiwiwatworakul P. Integrating Daylighting with Task-Ambient Lighting for Enhanced Energy Savings in Office Spaces. *Journal of Energy and Safety Technology (JEST)*. 2021; 4(2). DOI: 10.11113/jest.v4n2.93
7. Kim K.R., Lee K.S., Lee J. A study on the evaluation methods of indoor light environment for occupant comfort and well-being. *Journal of Green Building*. 2023; 18(4):99-128. DOI: 10.3992/jgb.18.4.99
8. Morgunov D.N., Vasiliev S.I. Investigation of spectral characteristics of electric light sources. *Don Agrarian Science Bulletin*. 2017; 2(38):5-13. EDN ZVKCXX. (rus.).
9. Berardi U., Anaraki H.K. Analysis of the Impacts of Light Shelves on the Useful Daylight Illuminance in Office Buildings in Toronto. *Energy Procedia*. 2015; 78:1793-1798. DOI: 10.1016/j.egypro. 2015.11.310
10. Khan N., Abas N. Comparative study of energy saving light sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011; 15(1):296-309. DOI: 10.1016/j.rser.2010.07.072
11. Kopeikina T.V. The use of led lighting devices for illumination of industrial premises. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2015; 9-3:419-422. EDN UGMAHT. (rus.).
12. Osikov M.V., Gizinger O.A., Telesheva L.F., Dolgushin I.I., Ogneva O.I., Fedosov A.A. et al. Study

of led light source effectiveness and health safety. *Modern Problems of Science and Education*. 2013; 6:566. EDN RVCWDT. (rus.).

13. Bubenchikov A.A., Nurakhmet Y.Y., Molodikh V.O., Rudenok A.I. Energy-saving light sources. *International Research Journal*. 2016; 5-3(47):62-64. DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.289. EDN VXMFNF. (rus.).

14. Chistyakova N.V., Dal N.Yu., Astakhov Yu.S. The effect of light on the condition of the retina and overall health: myth or reality? *Ophthalmological bulletin*. 2011; 4(3):57-64. (rus.).

15. Solovey A.V., Gladkaya V.S. A comprehensive study of the influence of LED light sources on the functional state of the human body. *Materials of the 54th scientific conference of postgraduates, undergraduates and students of BSUIR*. 2018. (rus.).

16. Sharipova M.N., Pimenova K.A. The influence of illumination on the physiological state of the human body. *University complex as a regional center of education, science and culture : materials of the All-Rus-*

sian scientific and methodological conference. 2017; 1435-1439. EDN YKCTRR. (rus.).

17. Kamenkova A.D. Autonomous lighting sources with different color spectrum and their impact on humans. *Electronic systems and technologies : materials of the 59th scientific conference of graduate students, undergraduates and students of BSUIR*. 2023; 155-157. EDN VKVVYK. (rus.).

18. Ivanova T.A., Smirnova V.M. The influence of spectra of light sources on humans. *Student scientific forum : materials of the XI International student scientific conference*. 2019. (rus.).

19. Ioffe K.I. The biological effect of visible light on the human body. *Lighting Engineering*. 2008; 21-29. (rus.).

20. Qian C., Fan X.J., Fan J.J., Yuan C.A., Zhang G.Q. An accelerated test method of luminous flux depreciation for LED luminaires and lamps. *Reliability Engineering & System Safety*. 2016; 147:84-92. DOI: 10.1016/j.res.2015.11.009

Received December 13, 2023.

Adopted in revised form on February 2, 2024.

Approved for publication on February 6, 2024.

B I O N O T E S : **Yulia O. Kustikova** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Housing and Communal Complex; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RSCI: 706584, Scopus: 57192558117, ResearcherID: ABF-3524-2020, ORCID: 0000-0002-9671-1258; KustukovaYO@mgsu.ru;

Roman R. Umrilov — student; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; umrilovrr@gmail.com;

Anastasia S. Rumyantseva — student; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; asya8700@gmail.com;

Anastasia A. Moiseeva — student; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; amoiseeva008@gmail.com.

Contribution of the authors: all authors made an equivalent contribution to the publication.

The authors declare the absence of a conflict of interest.