

## Психология труда, инженерная психология, когнитивная эргономика

Научная статья  
Статья в открытом доступе  
УДК 331.101.1: 628.9-045.43  
doi: 10.30987/2658-4026-2024-1-54-60

### Обоснование эргономических требований к светодиодным характеристикам имитации солнечного света

Екатерина Евгеньевна Козаченко<sup>1✉</sup>, Мария Сергеевна Кухта<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет; Томская область,  
Томск, Россия  
<sup>1</sup> eek18@tpu.ru;  
<sup>2</sup> kuhta@tpu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8643-785X>

#### Аннотация.

Свет является неотъемлемой частью жизни каждого человека, независимо от возраста. Влияние света на качество жизни напрямую зависит от того насколько часто человек прибывает на солнце. Статистика показывает, что люди, живущие в солнечных странах, реже страдают сезонными психоэмоциональными заболеваниями и недугами, чем жители северных регионов. Но как помочь жителям севера снизить негативное влияние от отсутствия солнца в жизни, особенно тем, кто не является коренным жителем севера и не выработал иммунитет к тяжелым условиям жизни? Существует несколько основных методов - посещение солнечных стран в период отпуска, питание и восполнение необходимых микроэлементов - всё это устранения последствий нехватки солнечного света. Данная проблема требует комплексного подхода, в котором очень важно устранять последствия и так же важно влиять на корень проблемы - психологическая нехватка солнечного света. Свет очень важен не только для выработки необходимых микроэлементов, но для поддержания баланса психики и улучшения настроения, так как свет и тепло участвуют в выработке гормонов радости (серотонина). Один из таких вариантов - имитация солнечного света и адаптация его в рабочую или бытовую среду человека.

**Ключевые слова:** свет, имитация света, естественный свет, адаптивные источники света, светодиодный дизайн, обоснование эргономических требований

**Для цитирования:** Козаченко Е.Е., Кухта М.С. Обоснование эргономических требований к светодиодным характеристикам имитации солнечного света // Эргодизайн. №1 (23). 2024. С. 54-60. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2024-1-54-60>.

Original article  
Open access article

### Justification of Ergonomic Requirements for Light Design Characteristics of Simulated Sunlight

Ekaterina E. Kozachenko<sup>1✉</sup>, Maria S. Kukhta<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> National Research Tomsk Polytechnic University; the Tomsk region, Tomsk, Russia  
<sup>1</sup> eek18@tpu.ru;  
<sup>2</sup> kuhta@tpu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8643-785X>

#### Abstract.

Light is an essential part of every person's life, regardless of age. The impact of light on the quality of life directly depends on how often a person is exposed to the sun. Statistics shows that people living in sunny countries suffer less from seasonal psychoemotional diseases and ailments than residents of northern regions. But how can we help the inhabitants of the north to reduce the negative effects of the lack of sun in their lives, especially those who are not native to the north and have not developed immunity to the harsh living conditions? There are several main methods, namely visiting sunny countries during the holidays, eating and replenishing the necessary microelements, all these eliminate the consequences of the sunlight lack. This problem

*requires an integrated approach, in which it is very important to eliminate the consequences and just as important it is to influence the root of the problem which is the psychological lack of sunlight. Light is significant not only for producing necessary microelements, but also for maintaining the balance of the psyche and improving mood, since light and heat are involved in producing hormones of joy (serotonin). One of these options is the simulation of sunlight and its adaptation to a person's working or household environment.*

**Keywords:** light, light simulation, natural light, adaptive light sources, lighting design, justification of ergonomic requirements

**For citation:** Kozachenko E.E., Kukhta M.S. Justification of Ergonomic Requirements for Light Design Characteristics of Simulated Sunlight // Ergodesign. 2024;1(23):54-60. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2024-1-54-60>.

## **Введение**

Современный мир представляет людям множество вызовов и стрессовых ситуаций, которые негативно влияют на их психоэмоциональное состояние. Однако, разработка оборудования для имитации солнечного света открывает новые перспективы в области улучшения настроения и эмоционального благополучия.

Разработка оборудования для имитации солнечного света – это многосторонняя задача, требующая взаимодействия различных научных дисциплин, таких как физика, психология и инженерия, также одной из таких областей, которая решает похожие проблемы является - светодизайн, направленный на применение света в качестве инструмента для разработки дизайна.

Это может потребовать проведения масштабных исследований и сотрудничества с экспертами в смежных областях. Однако, создание такого оборудования может значительно улучшить психоэмоциональное состояние людей и повысить их общее качество жизни.

## **1. Взаимосвязь между циркадными ритмами и солнечными ваннами**

Существует ряд профессий условия работы, которых отличаются от большинства других, так как имеют гибкий протокол рабочего процесса или крайне тяжелые условия труда, опасных для здоровья и жизни. По требованиям Всемирной Организации Здоровья (ВОЗ) [1] для сохранения здоровья необходимо соблюдать несколько правил: режим правильного питания, сбалансированный режим работы и отдыха, питьевой режим и режим сна.

Питьевой режим и питание регулируется специализированной сбалансированной диетой, режим труда и отдыха управляется методами и правилами тайм менеджмента (Time management перевод англ. - управление временем), необходимое количество сна для среднестатистического человека составляет - 7-8 часов. Соблюдение режима сна подразумевает под собой также соблюдение режима суточного дня, в котором существует динамика активности. Суточный режим

напрямую зависит от циркадного ритма человека. Циркадные ритмы - это биологические часы человека. Они задают ритм всем жизненно важным процессам в организме. Работа биологических часов определяется генами, которые запускают и останавливают метаболические процессы, например, запасание энергии или выделение гормонов.

В среднем у взрослого человека от 25 и до 45 лет - циркадный ритм имеет средние значения - период отхода ко сну варьируется между 23:00 и 01:00, время подъема между 06:00 и 08:00 часа утра. У подростков циркадный ритм смещается на несколько часов вперед, поэтому часто период отхода ко сну может варьироваться между 01:00 и 07:00. У пожилых людей и детей дошкольного возраста отход ко сну начинается раньше взрослого.

Циркадные ритмы диктуют периоды активности человека. При соблюдении полноценного ночного сна, пик активности среднестатистического зрелого человека циркадного ритма попадает на 12:00 с погрешностью 2 часа. [2]

Соблюдение циркадного ритма необходимо для гармоничной и слаженной работы организма, при несоблюдении режима дня (активности и восстановления сил), организм истощается, защитные функции организма снижаются, что в свою очередь приводит к серьезным последствиям со здоровьем.

## **2. Влияние солнечных лучей на режим дня человека**

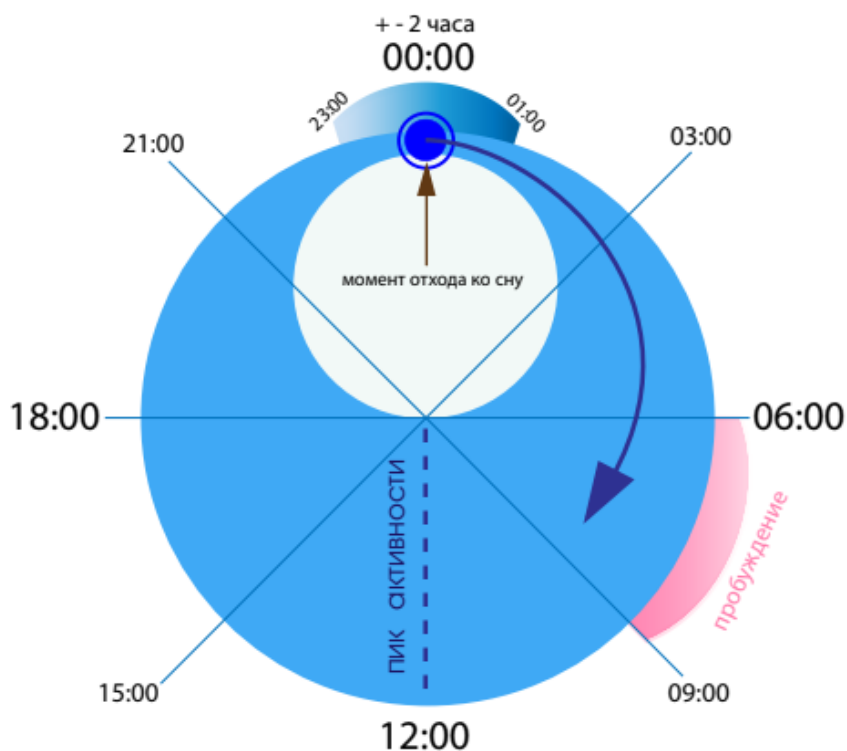
В исследованиях, описанных в книге Мэтью Уолкера “Зачем мы спим” [3] было выявлена закономерность в том, что на активность человека влияет не только соблюдение режима активности и отдыха (сна), но и такое явление как солнечные ванны. Солнечный свет участвует в активной выработке серотонина, дофамина и гистамина.

Естественный свет (солнечный) оказывает мощное психоэмоциональное влияние на человека. Под психоэмоциональным состоянием человека рассматривается как отношение человека к окружающей среде, социуму, самому себе. Данное состояние

тесно связано с поступками и решениями человека оказывающих влияние на свою жизнь и окружающих.

Солнечные ванны активно применялись в 1980-годах в качестве лечения

психоэмоциональных недугов, такие как сезонная депрессия, которая характеризуется сильными сезонными колебаниями настроения и поведения [4].



**Рис. 1. Суточный цикл среднестатистического человека**  
*Fig. 1. The daily cycle of the average person*

В современности данная процедура назначается врачами для профилактики рахита у детей их-за нехватки витамина Д и взрослых, в комплексе с медикаментозным лечением при ОРЗ и ОРВИ. Особенно такие процедуры важно проводить на свежем воздухе в утренние часы, так как инфракрасные лучи влияют на развитие иммунитета кожи, формируя защиту от вредных факторов таких как, загрязненный городской воздух и влияние ультрафиолетовых лучей.

Полное отсутствие солнечного света в жизни человека приводит к серьезным изменениям в здоровье. Снижается иммунитет за счет нехватки витамина Д, увеличивается риск поломки костей, так как костная структура истощается. Из-за отсутствия солнечного света у человека учащаются сценарии ухудшения настроения, что в скором времени может привести к депрессии.

По данным исследований проблем эндокринологии, уровень витамина Д в России среди населения разных регионов было выявлено, что недостаточность витамина среди мужчин составляет – 22,86% и

у женщин – 29,41%, а дефицит витамина Д у мужчин – 68,57%, и у женщин – 52,65%, что в свою очередь является серьезной проблемой для формирования здорового и активного контингента населения [5].

Данная проблема решается медикаментозным лечением, которая направлена на повышение необходимого уровня витамина Д, посредством установки медикаментозной нормы, а не суточной. Возникает другой вопрос, если солнечный свет влияет не только физически на человеческий организм, достаточно ли будет медикаментозного лечения, для поддержания стабильного психоэмоционального состояния человека, который проживает вне стандартных условий - условия крайнего севера.

Для крайнего севера характерны особо низкие температурные условия, нехватка кислорода, скачки давления и т.д. С данными показателями коренные жители могут адаптироваться самостоятельно, но приезжие жители остро ощущают на себе влияние факторов северных регионов, особенно нехватку солнечных лучей, так как в среднем жители проводят 40 дней в темноте полярной

ночи. [6] Данная проблема пытается решиться за счет рациона, наполненного полезными жирами (ОМЕГА-3). Такая же проблема является актуальной у исследовательских групп, которым необходимо находиться в северных регионах от 3 и до 6 месяцев. За этот период отсутствие солнца успеет запустить разрушительные процессы для психики и иммунитета человека. Если человек прибывший в северный регион в качестве рабочего, то время на отдых и восстановление после тяжелого рабочего дня может занять больше времени, особенно если психологические ресурсы со временем истощаются.

### **3. Комплексный подход для профилактики депрессии и ухудшения настроения из-за нехватки солнечных лучей**

Данные, полученные из статьи «Физиологическая потребность и эффективные дозы витамина D для коррекции его дефицита. Современное состояние проблемы» [7] сказано, что каждый житель России сталкивается с нехваткой витамина D, в связи с особым территориальным расположением проживания в Российской Федерации, именно с не хваткой солнца. Проблема нехватки солнечного света имеет большое количество последствий в рамках физического здоровья и эмоционального состояния. Основные варианты решения проблемы направлены на устранение непосредственно самих последствий, но не корня проблемы. Под последствиями подразумеваются психоэмоциональная нужна в солнце и его биологическая, то есть выработка витамина. Поддержание необходимого уровня витамина – это только часть решения проблемы. Если предусмотреть решения проблемы - нехватки света именно в психологическом ключе, то последствия в психоэмоциональном плане частично сократятся. Если человек вовремя получает необходимую психологическую разрядку, то последствия нехватки света и накопление стресса минимизируется. В таком случае человеку требуется комплексный подход – устранение психоэмоционального дисбаланса и ежедневное потребление витамина D.

Варианты решения проблемы:

#### **1. Имитация солнечного света**

Одним из способов устранения последствия от пребывания в среде без естественного света – это создание искусственного освещения максимально

приближенного к солнечному. Такое замещение вызывает те же эмоции, что и реальный свет, так как человеческий мозг не делит информацию на “реальную” или “нереальную”, тем самым формируя определенный ряд психоэмоциональных реакций на среду.

#### **2. Чередование солнечных и не солнечных дней**

Данный вариант имеет множество погрешностей, так как не все условия труда подразумевают постоянные перемещения из условий с отсутствием света в обычный режим. Так же резкие перемены температуры и светового режима сказываются пагубно на психике человека, а также заметно снижается иммунитет из-за усталости и стресса.

Попытка имитации света - может быть актуальным решением проблемы, так как не будет требовать от человека особых действий с его стороны, помимо устранения последствий нехватки солнца в виде приема витамина D, соблюдении питания и режима дня.

В 1950-х годах Ридчард Келли вывел три основные функции света в дизайне [8]:

- Свет чтобы видеть (общее освещение),
- Свет чтобы увидеть (акцентное освещение),
- Свет чтобы смотреть (декоративное освещение).

По словам Ричарда Келлера – светодизайн должен балансировать на вышеперечисленных функциях, чтобы создать по-настоящему функциональный и эстетический объект. Его работы направлены на восприятие наблюдателя. Но свет это не только про функцию и эстетику, его функцией может являться и вдохновение, релаксация и даже лечение. Очень важно развивать светодизайн в области ментального восприятия пользователем, так как это расширяет диапазон влияния на восприятие пользователя. [9]

При взаимодействии с световым объектом человек получает определенную информация через визуальный сенсорный анализатор. Под взаимодействием подразумевается наблюдение, с помощью которого человек получает фидбэк (Feedback с англ. – обратная связь), которая запускает различные процессы в зрителе в виде анализа и ощущений. [10]

#### **4. Требования к имитации солнечного света**

Для того чтобы имитация солнечного света могла активно использоваться в повседневной и рабочей жизни человека, необходимо установить ряд сценариев воздействия имитированного света.

Если учесть параметры света: состав, яркость, температуру, ритм подачи света, то можно управлять психоэмоциональным состоянием человека. Влияние света и тепла положительно сказывается на нервной системе человека, снижая уровень тревожности.

Первым условием имитированного света — это максимальное сходство с естественным по составу.

#### **Требования к источникам света:**

— Коэффициент микропульсации (мерцания) должен составлять не больше 1% во избежание пренапряжения глаз.

— Имитация цвета источников света (максимальное приближение к солнечному) с учетом временных рамок (утро-день-вечер).

— Имитация состава солнечного потока (волны ультрафиолета, инфракрасные волны, и видимый свет)

— Адаптация или возможность настройки источников света на сезонный режим (зима-весна-лето-осень).

После выявления требований к источникам света, необходимо выявить сценарии воздействия имитированного света по времени и по деятельности человека (или нахождению его в пространстве). [11]

По времени можно разделить три основных варианта сценария - утренний сценарий, периодический и постоянный

Сценарии воздействия света ПО ВРЕМЕНИ:

#### **— Утреннее воздействие**

Пребывание на солнце в первый час пробуждения, благодаря инфракрасным волнам, повышает местный иммунитет кожи к вредным воздействиям ультрафиолета и токсинов. Так же солнечный утренний свет активизирует выработку серотонина - отвечающего приподнятое настроение и бодрость. К вечеру уровень мелатонина повышается и гормон бодрствования снижается, тем самым необходимо ограничить влияние яркого солнца имитирующего освещения, во избежание снижения качества сна.

#### **— Периодическое воздействие**

Данный вариант актуален при разовых воздействиях в период отдыха человека, в обеденный или вечерний (имитация вечернего

света). Периодическое воздействие подразумевает под собой возможность человеку самостоятельно выбирать временной отрывок для воздействия на него светом.

#### **— Постоянное воздействие**

В северных регионах солнце может отсутствовать 40 дней подряд. Такая смена ритма противоречит человеческому биоритму в период двадцати четырех часов. [12] Сбой естественного биоритма ведет за собой нарушения гормональной системы, которая в свою очередь влияние на психологическое и физическое состояние человека (вызывает недосып, тревожность, снижает качество жизни). Суточный день – привычный и оптимальный период для человека. Активное воздействие света в течении дня позволит человеку адаптироваться к свету и поможет ему воспринимать свет как “реальный”.

Сценарии воздействия света ПО ПРОЦЕССУ (положению человека в пространстве):

В данном сценарии рассматриваются два варианта воздействия - локальный и общий.

#### **— Локальное воздействие**

Под локальным воздействием подразумевается индивидуальное влияние света. Вариант удобен и актуален для тех случаев, когда человек нуждается в световой ванне в моменте отдыха. В рамках данного воздействия можно предложить специализированные капсулы для отдыха с локальным адаптивным светом, который человек в процессе использования капсулы, может сам выбирать режим света, независимо от других людей. Такие капсулы можно установить на производствах, исследовательских лагерях и даже общественных помещениях.

#### **— Общее воздействие**

Под общим воздействием подразумевается влияние сразу на несколько человек или даже группы людей. Такой вид воздействия актуально совмещать с постоянным воздействием и разместить оборудование в рабочие среды. Человек на протяжении всего рабочего дня получает необходимый объем света, который имитирует солнечный цикл (утро-день-вечер). Благодаря этому человек будет погружен в среду, имитирующую реальный солнечный день.

Так же для дополнительной адаптации психики человека к имитированному свету были сформированы сценарии воздействия человека, а именно погружения в среду с имитированием светом на основании

воздействия на каналы восприятия человека - визуальный канал восприятия, аудиальный, тактильный. Были сформированы три типа воздействия: [13]

#### — Визуальный тип воздействия

На человека происходит влияние только через зрительный анализатор (глаза), посредством яркости и цвета света.

#### — Визуально-аудиальный тип воздействия

Воздействие происходит на зрительный и слуховой анализатор. К визуальным эффектам добавляется звуковые. Например: звуки стихий, птиц, насекомых.

#### — Комбинированный тип воздействия

Задействуются все три анализатора (визуальный, слуховой и тактильный) в данном случае на человека воздействует не только свет и звуковые эффекты, а также тепло света, различные тактильные варианты воздействия (вибрации, покалывания и т.д.).

#### Заключение

В заключение, разработка оборудования для имитации солнечного света представляет собой значимую сферу исследований в области улучшения психоэмоционального состояния человека. Эксперименты и исследования, проведенные в данной области, подтверждают прямую корреляцию между уровнем освещенности и эмоциональным благополучием.

Первый аспект, который следует отметить, — это положительное влияние имитации солнечного света на уровень серотонина в организме. Повышенный уровень серотонина

связывается с ощущением счастья, улучшением настроения и преодолением депрессивных состояний. Имитация солнечного света позволяет активировать выработку этого вещества, что способствует повышению психоэмоционального благополучия.

Второй аспект, который следует отметить, — это регуляция суточных биоритмов и улучшение сна. Солнечный свет является важным фактором для поддержания правильного циркадного ритма - внутренних биологических циклов организма, ориентированных на смену дня и ночи. Недостаток естественного света может привести к нарушению этого ритма и, в итоге, к проблемам со сном и работоспособностью. Имитация солнечного света позволяет стабилизировать ритм внутренних часов и способствует улучшению качества и продолжительности сна, а также общего восстановления организма.

Таким образом, разработка оборудования для имитации солнечного света является не только актуальной, но и чрезвычайно перспективной областью. Благодаря прогрессу в сфере технологий, возможно создавать эффективные и инновационные решения для улучшения психоэмоционального состояния человека, обеспечивая ему необходимую дозу света и поддерживая его внутренние биологические ритмы. Это открывает новые возможности для предотвращения и лечения различных психических состояний и проблем, связанных с настроением и эмоциональным благополучием.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хопкинс Дж. Большая энциклопедия медицинской диагностики. М.: АСТ, Астрель, Харвест, Кладезь, 2007. 352 с. ISBN 5-17-028214-1.
2. Водолажский Г. Хронобиологический взгляд на развитие мозга человека. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 188 с. ISBN 9783848482740.
3. Уолкер М. Зачем мы спим. Новая наука о сне и сновидениях. М.: КоЛибри, 2018. 480 с. ISBN 978-5-389-13666-3.
4. Панков О. Оздоровление глаз светом. М.: Метафора, 2017. 144 с. ISBN 978-5-85407-146-8.
5. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Фадеев В.В. Эндокринология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 432 с. ISBN 978-5-4235-0159-4.
6. Суплотова Л.А., Авдеева В.А., Пигарова Е.А. и др. Дефицит витамина D в России: первые результаты регистрового неинтервенционного исследования частоты дефицита и недостаточности витамина D в различных географических регионах страны // Проблемы эндокринологии 2021;67(2):84-92. DOI 10.14341/probl12736. EDN ZETEUE.

#### REFERENCES

1. Hopkins J. Great Encyclopedia of Medical Diagnostics. Moscow: AST, Astrel, Harvest, Kladez; 2007. 352 p.
2. Vodolazhsky G. Chronobiological View on the Development of the Human Brain. Moscow: LAP Lambert Academic Publishing; 2012. 188 p.
3. Walker M. Why We Sleep. The New Science of Sleep and Dreams. Moscow: KoLibri; 2018.
4. Pankov O. Eye Health With Light. Moscow: Metafora; 2017. 144 p.
5. Dedov I.I., Melnichenko G.A., Fadeev V.V. Endocrinology. Moscow: GEOTAR-Media; 2012. 432 p.
6. Suplotova L.A., Avdeeva V.A., Pigarova E.A., et al. Vitamin D Deficiency in Russia: The First Results of a Registered Non-Interventional Study of the Frequency of Vitamin D Deficiency and Insufficiency in Different Geographical Latitudes of the Country. Problems of Endocrinology. 2021;67(2):84-92. DOI 10.14341/probl12736.

7. **Коденцова В.М., Мендель О.И., Хотимченко С.А. и др.** Физиологическая потребность и эффективные дозы витамина D для коррекции его дефицита. Современное состояние проблемы // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 2. С. 47-62. EDN YKKEYR.

8. **Kelly R.** Light as an Integral Part of Architecture. College Art Journal. 1952;12(1):24–30. DOI 10.2307/773361.

9. **Кухта М.С., Васильева М.О.** Дизайн сценариев комфортного освещения производственных помещений в условиях Арктики // Дизайн. Материалы. Технология 2020. №1 (57). С. 17-22. EDN MTCBQF.

10. **Васильева М.О., Кухта М.С.** Принципы разработки световых сценариев: управление светом в интерьере // Академический вестник УралНИИПРОЕКТ РААСН. 2019 №. 1(40). С. 88-93. DOI 10.25628/UNIP.2019.40.1.016. EDN BKYYUD.

11. **Васильева М.О., Кухта М.С.** Светодизайн интерьера: традиции и современность // Дизайн. Материалы. Технология. 2018. №4 (52). С. 35-41. EDN YQOTYL.

12. **Шорыгина Т.А.** Беседы о русском Севере. Методические рекомендации. М.: Сфера, 2017. 96 с. ISBN 978-5-9949-1752-7.

13. **Соколов А.П., Кухта М.С.** Математическое моделирование в бионическом дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2016. №. 1. С. 17-21. EDN VZGDYZ.

7. **Kodentsova V.M., Mendel O.I., Khotimchenko S.A., et al.** Physiological Need and Effective Doses of Vitamin D for Deficiency Correction. Current State of the Problem. Problems of Nutrition. 2017;86(2):47-62.

8. **Kelly R.** Light as an Integral Part of Architecture. College Art Journal. 1952;12(1):24-30. DOI 10.2307/773361.

9. **Kukhta M.S., Vasilyeva M.O.** Design of Scenarios for Comfortable Lighting of Industrial Premises in the Arctic. Design. Materials. Technology 2020;1(57):17-22.

10. **Vasilyeva M.O., Kukhta M.S.** The Basic Principles of Development of Lighting Scenarios: the Control of Light in Interior Design. Akademicheskij Vestnik Uralniiproekt RAASN. 2019;1(40):88-93. DOI 10.25628/UNIP.2019.40.1.016.

11. **Vasilyeva M.O., Kukhta M.S.** Interior Lighting Design: Traditions and Modernity. Design. Materials. Technology. 2018;4(52):35-41.

12. **Shorygina T.A.** Conversations About the Russian North. Guidelines. Moscow: Sfera; 2017. 96 p.

13. **Sokolov A.P., Kukhta M.S.** Mathematical Modeling in Bionic Designing. Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design. 2016;1:17-21.

#### **Информация об авторах:**

**Козаченко Екатерина Евгеньевна** – аспирант ОАР ИШИТР ТПУ группы А2-64, ассистент ОАР ИШИТР ТПУ, тел. 89138693673, международные идентификационные номера автора: Scopus-Author ID 57211640761,

**Кухта Мария Сергеевна** – профессор ВАК по кафедре Дизайна, доктор философских наук, профессор Отделения автоматизации и робототехники Инженерной школы новых производственных технологий Томского политехнического университета, член Союза Дизайнеров России, , тел. 8 913 107 51 24, идентификационные номера автора: SCOPUS Author ID: 56378125000, Web of Science ResearcherID: AAE-6735-2019, Elibrary AuthorID:129643, SPIN-код: 6730-0249

#### **Information about the authors:**

**Kozachenko Ekaterina Evgenievna** – postgraduate student of the Department “Automation and Robotics” of the Engineering School of Information Technologies and Robotics of the National Research Tomsk Polytechnic University, group A2-64, assistant of the Department “Automation and Robotics” of the Engineering School of Information Technologies and Robotics of National Research Tomsk Polytechnic University, ph. 89138693673, the author’s international identification numbers: Scopus-Author ID: 57211640761.

**Kukhta Maria Sergeevna** – Professor of the Higher Attestation Commission in the Department of Design, Doctor of Philosophic Sciences, Professor of the Department “Automation and Robotics” of the Engineering School of New Manufacturing Technologies of National Research Tomsk Polytechnic University, member of the Union of Designers of Russia, ph. 8 913 107 51 24, the author’s identification numbers: SCOPUS Author ID: 56378125000, Web of Science ResearcherID: AAE-6735-2019, Elibrary AuthorID: 129643, SPIN-code: 6730-0249.

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

**Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Статья поступила в редакцию 07.12.2023; одобрена после рецензирования 14.12.2023; принята к публикации 19.12.2023. Рецензент** – Спасенников В.В., доктор психологических наук, профессор Брянского государственного технического университета, главный редактор журнала «Эргодизайн»

**The paper was submitted for publication on the 07<sup>th</sup> of December, 2023; approved after the peer review on the 14<sup>th</sup> of December, 2023; accepted for publication on the 19<sup>th</sup> of December, 2023. Reviewer** – Spasennikov V.V., Doctor of Psychology, Professor of Bryansk State Technical University, Editor-in-Chief of the journal “Ergodesign”.