

УДК 612.842.3:331.443

DOI: 10.24160/1993-6982-2018-4-97-104

Комплексная оценка влияния светодиодного освещения на зрительную работоспособность, психоэмоциональное и физиологическое состояние учащихся высшей школы

Ю.А. Скорик, Е.Ф. Бычин, В.Н. Дубов

В связи с широким применением в современных осветительных установках (ОУ) осветительных приборов (ОП) с энергосберегающими светодиодными источниками света актуальным является вопрос оценки состояния наблюдателя при данном типе освещения. Подобная оценка должна быть комплексной и включать в себя не только работу с изменением зрительных функций, но и психоэмоционального и функционального состояния наблюдателей. Важными оказываются исследования, связанные с оценкой состояния учащихся, в том числе высшей школы. Зрительная нагрузка и объем обрабатываемой информации этой категории наблюдателей чрезвычайно высоки, в том числе из-за широкого вовлечения в учебный процесс персональных компьютеров (ПК) и интерактивных учебных досок.

Проведены комплексные исследования при содействии учащихся высшей школы. Имела место задача максимального сокращения времени проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных. Приведены результаты исследований по оценке зрительной работоспособности, психоэмоционального и функционального состояния учащихся высшей школы в аудиториях, оборудованных ОП со светоизлучающими диодами. Зрительная работоспособность (ЗР) и психоэмоциональное состояние оценивались с использованием ПК. Проанализированы параметры, вносящие наибольший вклад в отражение динамики ЗР. Оценены возможности методики неинвазивной медицины для оценки функционального состояния наблюдателей. Отмечено изменение как психоэмоционального и функционального состояний наблюдателя, так и зрительной работоспособности.

Ключевые слова: качество освещения, зрительная работоспособность, комплексная оценка, светодиодное освещение, осветительная установка.

Для цитирования: Скорик Ю.А., Бычин Е.Ф., Дубов В.Н. Комплексная оценка влияния светодиодного освещения на зрительную работоспособность, психоэмоциональное и физиологическое состояние учащихся высшей школы // Вестник МЭИ. 2018. № 4. С. 97—104. DOI: 10.24160/1993-6982-2018-4-97-104.

Comprehensive Assessment of the Influence of LED Lighting on the Visual Performance, Psychoemotional and Physiological State of Higher School Students

Yu.A. Skorik, E.F. Bychin, V.N. Dubov

Wide application of lighting devices with energy saving LED light sources in modern lighting installations entails the need of assessing the observer's state for a given type of illumination. Such an assessment should be comprehensive in nature and include an analysis of not only the influence on the visual functions, but also on the psychoemotional and functional states of observers. It is of importance to investigate the state of students, including those of higher schools. The visual load and the amount of information processed by this category of observers are extremely high, also due to the fact that personal computers and interactive training boards are widely involved in the education process.

A set of comprehensive investigations was carried out with assistance taken from higher school students subject to the requirement of keeping to a minimum the time taken to carry out the experiment and the time taken to process the obtained experimental data. The article presents the results from investigations aimed at estimating the visual performance and the psychoemotional and functional condition of higher school students in the classrooms equipped with LED-based lighting devices. The visual performance and psychoemotional state of the observers were assessed using a personal computer. The parameters making the greatest contribution in reflecting the visual performance dynamics were analyzed. The capabilities of non-invasive medicine methods in terms of estimating the physiological state of observers were evaluated. Certain changes occurring in the psychoemotional and functional states of the observers, and of their visual performance were noted.

Key words: lighting quality, visual performance, comprehensive assessment, LED-based lighting, lighting system.

For citation: Skorik Yu.A., Bychin E.F., Dubov V.N. Comprehensive Assessment of the Influence of LED Lighting on the Visual Performance, Psychoemotional and Physiological State of Higher School Students. MPEI Vestnik. 2018;4:97—104. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2018-4-97-104.

Введение

Современные светодиодные осветительные установки (ОУ) позволяют как соблюдать нормируемые характеристики, включая требования к удельной установленной мощности, так и обеспечивать все более высокие требования к качественным показателям и количественным величинам [1]. Так, с начала применения высокоэффективных светодиодных источников света уделяется повышенное внимание зрительному дискомфорту при зрительной работе в помещениях с ОУ на основе белых светоизлучающих диодов [2, 3].

В связи с ростом технических возможностей светодиодных источников света, таких как увеличение световой отдачи, улучшение индекса цветопередачи, возможность вариации цветовой температуры и светового потока, стало возможным создание принципиально новых ОУ. Для формулирования требований к ОУ нового поколения необходим комплексный подход, на основании которого была поставлена цель разработки оптимальной методики оценки состояния наблюдателя [4]. Практическая ценность описанного исследования состоит в получении методики комплексной оценки состояния наблюдателей при различных типах освещения. С точки зрения научной ценности, исследование может быть положено в основу научно-исследовательских работ по дополнению свода правил нормированием освещения зданий и сооружений по зрительной работоспособности [5].

За счет систематического использования компьютеров существенно увеличилась зрительная нагрузка в процессе обучения. Зрительная работа учащихся постоянно усложняется, как и средства, применяющиеся для организации учебного процесса. Это обуславливает необходимость оценки не только зрительных функций, но и психоэмоционального и функционального состояния наблюдателя [6]. В образовательном процессе комплексная оценка состояния наблюдателя актуальна не только со стороны светотехники, но и со стороны педагогики и медицины [7, 8]. Для оценки в данном случае выступают такие критерии, как:

- зрительная работа, которая связана с выполнением определенных операций в результате зрительного обнаружения и опознавания объектов наблюдения [4] (оценка ЗР учащихся высшей школы актуальна [9], поскольку эта категория наблюдателей принадлежит, с одной стороны, к группе учащихся, с другой — к группе молодых энергетиков, от эффективности работы которых зависит будущая экономика страны);
- психоэмоциональная оценка, как особая форма психических состояний человека с преобладанием эмоционального реагирования по типу доминанты [10] (в нашем случае самочувствия, активности или настроения наблюдателя [11]);
- оценка функционального состояния наблюдателя с помощью медико-биологических (неклинических)

исследований, изучающих реакцию, изменение состояния организма здоровых людей при воздействии определенных внешних факторов (в нашем случае, освещения) [12].

Проведение исследований

Тестирования по определению ЗР, оценке психо-эмоционального и физиологического состояния наблюдателя в условиях светодиодного освещения проводились в НИУ «МЭИ» сотрудниками кафедры светотехники с 27 апреля 2016 г. Было выполнено четыре серии тестирования для группы наблюдателей из десяти человек в двух аудиториях во время учебной деятельности. Год рождения наблюдателей — 1995 г. (возраст 21 — 22 года). Все наблюдатели обладали нормальным зрением (в том числе использовали специальные линзы). Основное тестирование А проходило 27 апреля 2016 г. в аудитории Е-511. Деятельность наблюдателей — занятия с использованием ПК для записи материала. Длительность занятий — 3,5 ч с 09:30. Аналогичное дополнительное тестирование В проведено 04 мая 2016 г. с целью уточнения результатов. Длительность занятий — 2 ч с 09:30. Тестирование С состоялось 29 апреля 2016 г. в аудитории Е-512. Деятельность наблюдателей — запись и работа с данными с помощью ПК. Длительность занятий — 2 ч с 12:45. Дополнительное тестирование D прошло 06 мая 2016 г. Длительность занятий — 3 ч с 12:45. Время проведения контрольных тестов было ограничено установленными учебным порядком перерывами, получило название этапов и составило для тестирования серии А — 9:30, 10:50, 11:10, 12:45; для серии В — 9:30, 10:50; для серий С и D — 12:45, 13:45, 14:45.

Осветительные установки аудиторий Е-511 и Е-512 выполнены с применением встраиваемых ОП «Galad» ДВО05-003УХЛ4 Кайро 600 (2/4/10;N;3500;150) с призматическим рассеивателем (40 Вт, IP20). Освещенность в аудитории Е-511 измеряли в 19 контрольных точках, а в аудитории Е-512 — в 15 контрольных точках (по количеству парт учащихся). Средняя освещенность в аудитории на рабочей поверхности составила 790 лк. При данном уровне освещенности отмечались максимальная производительность труда, минимальное зрительное утомление и количество допускаемых наблюдателем ошибок [5]. В силу назначения помещения (лаборатория по работе с источниками света) аудитория Е-512 не имеет естественного освещения, аудитория Е-511 изолирована от естественного освещения для возможности комфортного просмотра лекционного материала на интерактивной доске. Подобные ситуации все чаще можно наблюдать в современных образовательных учреждениях, где применяется мультимедийная аппаратура. Следует отметить, что методика исследования является универсальной и может быть использована для оценки состояния наблюдателей в помещениях с различными типами освещения.

Температура помещений во время проведения испытаний варьировалась от 21 до 23 °С, что соответствует [13].

Методика исследования

В связи с массовым распространением компьютеров, уменьшением их веса и габаритов образовательный процесс и его исследования претерпели ряд тактических изменений [14]. На данный момент учащиеся высшей школы более активно используют компьютер в своей учебной работе. С учетом этой особенности в среде Delphi была разработана программа «Аксамит 1.0», позволяющая наблюдателям заполнять корректурные пробы с собственного ПК. За основу взяты корректурные пробы с кольцами Ландольта как максимально беспристрастные для любых языковых групп студентов. Всего оценка ЗР проводилась по 8 критериям, таким как коэффициенты точности и ЗР, концентрация внимания, темп выполнения работ, показатель переключаемости, коэффициент ЗР уточненный, ЗР по Вестону и Уипплу. Также оценивались самочувствие, активность и настроение наблюдателей.

На первом этапе тестирования наблюдатель указывал свои ФИО, возраст и особенности зрения. На прохождение тестирования отводилось 300 с, при этом наблюдатель должен был просматривать строки, отмечая кольцо Ландольта с определенным положением области разрыва. Положение разрыва кольца Ландольта и последовательность колец в строке при каждом запуске генерировались случайным образом. Результаты теста сохранены и могут быть просмотрены в виде табличного файла Excel. Параметры для оценки ЗР рассчитывались автоматически.

Оценка ЗР проводилась по доработанной методике, использовавшейся в ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», методикам Уиппла [15] и Вестона [16]. Для оценки ЗР определялись концентрация внимания и коэффициент точности (в зависимости от количества допущенных ошибок при прохождении теста с кольцами Ландольта), устойчивость внимания каждые 60 с (в зависимости от темпа выполнения работы), показатель переключаемости (в зависимости от количества правильно и ошибочно проработанных строк) [17].

Отметим, что в 60 % случаев более высокий по сравнению с прочими значениями коэффициент точности соответствует максимальному разбросу значений темпа выполнения работ. Это свидетельствует о том, что наблюдателем выполнялась более энергозатратная зрительная работа при выполнении именно тестовых заданий вне зависимости от времени их проведения, окончательная оценка ЗР этого не учитывала. Применен уточненный коэффициент работоспособности R' , обеспечивающий увеличение степени достоверности оценки ЗР за счет учета коэффициента точности, минимального и максимального темпов работы за отрезок времени проведения испытания.

Оценка психоэмоционального состояния человека проведена по методике [11]. Тест неоднократно использовался в различных научных исследованиях, где имела место оценка ЗР, в том числе, в работе, оценивающей влияние динамичного освещения на базе люминесцентных ламп на психоэмоциональное состояние человека [18 — 20].

В рамках комплексной оценки состояния наблюдателя при светодиодном освещении актуальна оценка функционального состояния наблюдателя [5]. При этом представляют интерес методики, минимально затратные по времени и легко воспроизводимые. В связи с ростом интереса к методам неинвазивной медицины была выбрана и реализована методика оценки состояния организма с позиций его функциональной, гемодинамической сбалансированности, водного обмена и газового гомеостаза, взаимосвязанных с ферментативной и иммунологической коррекцией [21]. В основе практического применения этой методики лежит работа неинвазивного прибора — анализатора Малыхина-Пулавского (АМП), позволяющего анализировать формулы крови без ее забора [22]. Для оценки физиологического состояния испытуемых был использован АМП версии 2009/ANESA-T/2009, обладающий рядом достоинств [23 — 26]. Он позволил оценить 150 параметров человеческого организма за одну серию измерений в течение 360 с. Особенно существенными являются такие показатели, как мозговая геодинамика (что крайне важно при усвоении нового учебного материала), электролитный обмен, процентное соотношение кровотока внутренних органов к общему кровотоку, транспорт и выделение CO_2 , функциональные показатели сердечно-сосудистой системы. Оценка функционального состояния наблюдателей проводилась в серии тестирования А до и после зрительной нагрузки.

Анализ результатов

Любая методика оценки исследуемых критериев становится рабочей только в случае возможности сравнительно быстрой и максимально информативной обработки результатов исследований. Была увеличена скорость обработки результатов, а для большей достоверности использованы не только привычные методики оценки, но и менее распространенные. Так, результаты измерений критериев ЗР оценивались как с применением t -критерия [27], так и U -критерия Манна-Уитни [28]. Данное решение основано на сравнении различных критериев статистической оценки результатов эксперимента [29], а также необходимости оценки информативности и дальнейшей пригодности критериев в планируемых исследованиях (с целью увеличения их скорости). Результаты измерений, зафиксированных АМП, оценивали с применением критерия Стьюдента (t -критерия) [27]. Погрешность измерений охарактеризована доверительным интервалом, в который истинное значение измеряемой величины попадает с заданной доверительной вероятностью 95 %.

На рис. 1 — 3 в относительных единицах показаны изменения основных показателей ЗР, показателей САН и медико-биологических параметров оценки состояния наблюдателя на примере тестирования А. Были взяты функциональные показатели сердечно-сосудистой системы и содержание углекислого газа в крови. Такие

параметры первыми показывают изменения общего состояния человека.

Тенденцию к ухудшению ЗР в первую очередь отражает уточненный показатель работоспособности, учитывающий минимальный и максимальный темпы работы за отрезок времени проведения испытания

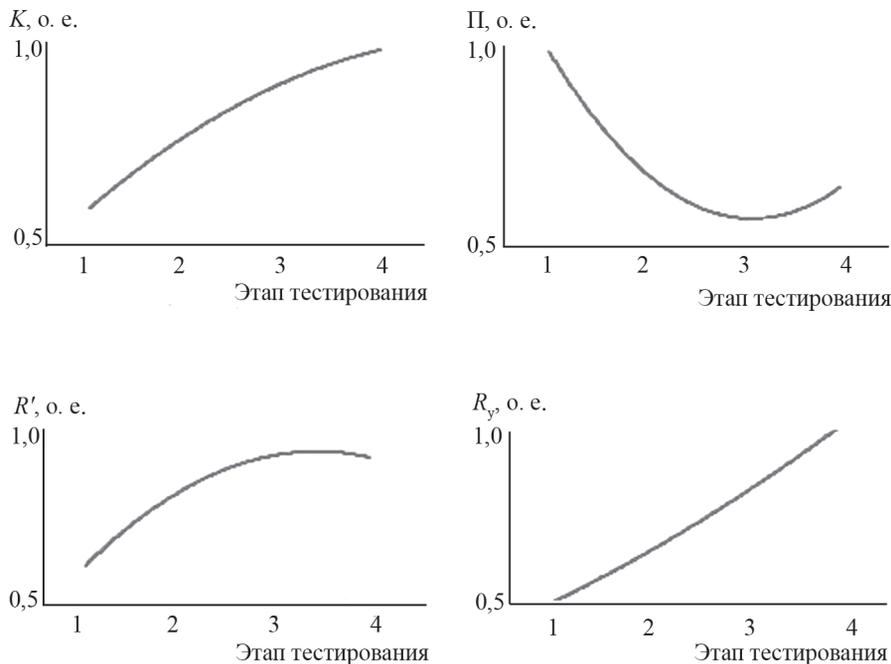


Рис. 1. Динамика изменения основных показателей зрительной работоспособности: концентрации внимания K , показателя переключаемости P , уточненного коэффициента работоспособности R' и коэффициента работоспособности по Уипплу R_y

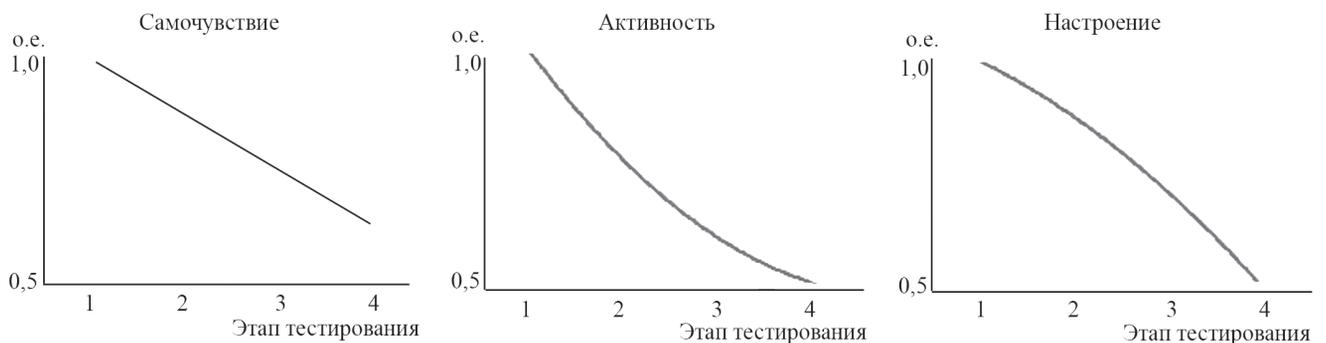


Рис. 2. Динамика изменения показателей САН



Рис. 3. Отклонение от нормируемых значений показателей функциональной оценки состояния наблюдателя

(рис. 1). Меньшая динамика характерна для концентрации внимания. Что касается изменения показателя переключаемости после третьего этапа исследований, то это может быть связано с ожиданием испытуемыми времени перерыва и ускорением темпа работы. Активная зрительная работа наблюдателя начинается значительно позже начала учебного дня, что может быть связано с необходимостью подавления мелатонина на первом этапе тестирования. Несмотря на то, что критерии оценки ЗР меняются незначительно, отчетливо видно ухудшение состояния наблюдателя на примере параметров САН, определяющих психоэмоциональную оценку состояния наблюдателя (рис. 2).

Наиболее наглядным критерием оценки состояния наблюдателей с медицинской точки зрения является изменение показателя состояния здоровья человека, которое уже на момент первой серии измерений отличалось от нормы. Проанализированы только показатели, отражающие усугубление отклонений от нормативных значений (25 % из 150, измеренных АМП). Одними из основных являются показатели, отражающие состояние кровотока, изображенные на рис. 3. Отметим, что в случае отклонения измеряемого параметра от нормы менее, чем на 5 %, данный параметр не учитывался в результатах расчета. Результаты обработки показали, что негативное отклонение медицинских показателей от нормы находится в пределах (6 ± 1) %. С учетом достаточно небольшого времени между экспериментальными сериями (3 ч 15 мин) данный интервал показывает фиксацию изменения состояния наблюдателей.

Выводы

Анализ полученных данных показал, что наиболее информативными показателями оценки состояния наблюдателя являются концентрация внимания, показатель переключаемости, коэффициент ЗР уточненный, коэффициенты ЗР при расчете по методикам Уиппла и Вестона.

Минимальным желаемым временем общей зрительной нагрузки считается 6 ч, оптимальным представляется время классического рабочего дня — 8 ч с часовым обеденным перерывом [30]. Первая оценка наблюдателей должна проходить в начале рабочего (учебного) дня, когда еще не было напряженной умственной и зрительной работы.

Работа наблюдателей с тестами на ПК существенно сократила время проведения тестирования и обработки экспериментальных данных. Исключены привыкание в работе за счет случайной генерации последовательности знаков и разрыва вычеркиваемого кольца и допущение ошибок при ручном вводе результатов для дальнейшей обработки. Дальнейшим шагом в ускорении исследовательского процесса является разработка мобильного приложения с целью оперативного проведения тестирования.

Опыт работы с АМП версии 2009/ANESA-T/2009 следует считать успешным как с точки зрения инфор-

мативности полученных результатов, так и с точки зрения сокращения времени на проведение исследований. При этом АМП — сложный прибор, работа с которым должна проводиться исключительно специалистом с медицинским образованием и соответствующей квалификацией. Для последующих работ по комплексной оценке состояния наблюдателя представляется возможным иногда ограничиваться, например, измерениями диастолического, систолического артериального давления, частоты сердечных сокращений и аналогичными манипуляциями [31].

По итогам проведенных исследований сделано предположение, что комплексная оценка состояния наблюдателя окажется эффективной для оценки ОУ динамичного освещения, изучение которых представляет научный интерес [32, 33]. Такие ОУ применяются в образовательных и офисных учреждениях [34]. Их использование не регламентировано российскими нормами [1], что делает работу по их оценке необходимой и перспективной. Состояние наблюдателей при изменении цветовой температуры источников света в течение дня может быть всесторонне оценено с помощью предложенной комплексной оценки. Представляет интерес методика по оценке зрительных функций, разработанная в НИУ «МЭИ» [35]. Ее преимуществом является оценка как ЗР, так и зрительного утомления, но время нагрузочного тестирования составляет 30 мин. Методика комплексной оценки состояния наблюдателя при различных типах освещения может быть дополнена или упрощена в зависимости от целей проводимых исследований. Она актуальна и перспективна, так как при текущих темпах развития энергосберегающих технологий, включая источники света, необходимо иметь аппарат, позволяющий как оценить эффективность применения новых технологий, так и заложить ее в основу для совершенствования нормативной базы.

Литература

1. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.
2. Долин Е.В. и др. Сравнительная гигиеническая оценка условий освещенности люминесцентными лампами и светодиодными источниками света // Светотехника 2011. № 1. С. 48—52.
3. Tashiro T. e. a. Discomfort Glare for White LED Light Sources with Different Spatial Arrangements // Lighting Research and Technol. 2015. V. 47. No. 3. Pp. 316—337.
4. Khan T.Q., Bodrogi P. LED Lighting: Technology and Perception. John Wiley & Sons, 2015.
5. Мешков В.В., Епанешников М.М. Осветительные установки. М.: Энергия, 1972.
6. Скорик Ю.А. и др. О комплексном подходе к оценке зрительной работоспособности и общего состояния наблюдателя при светодиодном освещении // Проблемы и перспективы развития отечественной све-

тотехники, электротехники и энергетики: Материалы XIII Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием в рамках IV Всерос. светотехнического форума с междунар. участием. Саранск, 2017. С. 70—75.

7. **Текшева Л.М.** Сравнительная гигиеническая оценка условий освещения люминесцентными лампами и светодиодными источниками света в школах // Светотехника. 2012. № 5. С. 16—22.

8. **Никитина Т.Н.** Зрительная работоспособность детей различного возраста. СПб.: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, 2004.

9. **Хлущевская О.А., Химич Г.З.** Проблемы адаптации и здоровье студентов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. №. 4-1 (75). С. 64—67.

10. **Мещеряков Б.Г., Зинченко В.П.** Большой психологический словарь. М.: Прайм-Еврознак, 2003.

11. **Доскин В.А., Лаврентьева Н.А., Шарай В.Б., Мирошников М.П.** Самочувствие. Активность. Настроение // Психологические тесты. М.: Владос, 2000.

12. **Хрусталеv Ю.М.** Введение в биомедицинскую этику. М.: Академия, 2010.

13. **СанПиН 2.2.4.548—96.** Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

14. **Ахмадеев Р.Р., Гирфатгулина Р.Р., Халфин Р.М., Егорова Н.Н.** Взаимосвязь зрительной работоспособности и показателей функционального состояния зрительной системы при пользовании персональными компьютерами // Медицинский вестник Башкортостана. 2008. № 6. Т. 3. С. 17—20.

15. **Практикум по физиологии труда.** Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1970.

16. **Weston H.C.** On Age and Illumination in Relation to Visual Performance // Illuminating Eng. Society Trans. 1999. V. 14. No. 9. Pp. 281—297.

17. **Гальцова Е.М., Войнова О.С.** Методы оценки зрительной работоспособности в установках со светодиодами // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: Сб. науч. трудов XI Междунар. науч.-техн. конф. в рамках Всерос. светотехнического форума с междунар. участием. Саранск, 2013. С. 91—95.

18. **Попов М.В., Сентябреv Н.Н., Мандриков В.Б.** Динамика функционального состояния организма и характеристик анаэробной работоспособности бегунов-спринтеров при воздействии эфирных масел // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2011. Т. 75. № 5. С. 96—100.

19. **Трушков В.Ф.** Показатели нервной, сердечно-сосудистой системы у лиц с различным уровнем стрессоустойчивости в условиях шумового загрязнения окружающей среды // Фундаментальные исследования. 2007. № 8. С. 109—110.

20. **Локшина А.А.** Осветительная установка динамичного освещения: дипломный проект по программе специалиста. М.: Изд-во МЭИ, 2008. С. 83—86.

21. **Kunjachan S. e. a.** Noninvasive Imaging of Nanomedicines and Nanotheranostics: Principles, Progress, and Prospects // Chem. Rev. 2015. V. 115. No. 19. Pp. 10907—10937.

22. **Пат. № 3546 Украина.** Способ оценки расстройств гемодинамики / Малыхин А.В. и др. // Бюлл. 2004. № 10.

23. **Мартынова А.А. и др.** Психофизиологическое состояние организма работников горнорудного производства в высоких широтах // Известия Самарского науч. центра РАН. 2011. Т. 13. №. 1-7. С. 1783—1787.

24. **Нечипуренко О.Н. и др.** Особенности электролитного обмена у детей, страдающих различными клиническими формами бронхитов // Таврический медико-биологический вестник. 2010. № 4 (52). Т. 13. С. 118—122.

25. **Малыхин А.В., Малыхина Н.А., Шахмаев А.Е., Войченко В.В.** Фототерапия в лечении депрессивных расстройств. Оценка метаболических показателей с помощью прибора АМП // Фотобиология та фотомедицина. 2009. № 1. Т. 6. С. 49—54.

26. **Кузьминский Ю.Г. и др.** Идентификация параметров кровообращения на основе математического анализа результатов осциллометрической тонометрии // Современное состояние и проблемы естественных наук: Труды Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. Томск: Томский политех. ун-т., 2009. С. 3.

27. **Russel J., Cohn R.** Student's *t*-criterion. VSD, 2013.

28. **Холлендер М., Вулф Д.** Непараметрические методы статистики. М.: Финансы и статистика, 1983.

29. **Леман Э., Прохоров Ю.В.** Проверка статистических гипотез. М.: Наука, 1964.

30. **Трудовой кодекс Российской Федерации.** М.: Дело, 2003.

31. **Железникова О.Е., Сеницына Л.В., Курин С.В.** Оценка функционального состояния органа зрения и организма в целом при светодиодном освещении производственных помещений // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: Сб. науч. трудов XI Междунар. науч.-техн. конф. в рамках Всерос. светотехнического форума с междунар. участием. Саранск, 2017. С. 250—255.

32. **De Kort Y.A.W., Smolders K.** Effects of Dynamic Lighting on Office Workers: First Results of a Field Study with Monthly Alternating Settings // Lighting Research and Technol. 2010. V. 42. No. 3. Pp. 345—360.

33. **Van Bommel W.** Dynamic Lighting at Work—both in Level and Colour // Proc. 2nd CIE Expert Symp. Lighting and Health. 2006. V. 62. P. 67.

34. **Mott M.S. e. a.** The Supporting Effects of High Luminous Conditions on Grade 3 Oral Reading Fluency Scores // Springer Plus. 2014. V. 3. No. 1. Pp. 53—58.

35. **Агаев А.Е., Бынина М.В., Снетков В.Ю.** Определение визуальных параметров индивидуальных

средств отображения информации // Вестник МЭИ. 2012. № 2. С. 122—124.

References

1. **SP 52.13330.2011.** Estestvennoe i Iskusstvennoe Osveshchenie. (in Russian).
2. **Dolin E.V. i dr.** Sravnitel'naya Gigienicheskaya Otsenka Usloviy Osveshchennosti Lyuminestsentnymi Lampami i Svetodiodnymi Istochnikami Sveta. Svetotekhnika. 2011;1:48—52. (in Russian).
3. **Tashiro T. e. a.** Discomfort Glare for White LED Light Sources with Different Spatial Arrangements. Lighting Research and Technol. 2015;47;3:316—337.
4. **Khan T.Q., Bodrogi P.** LED Lighting: Technology and Perception. John Wiley & Sons, 2015.
5. **Meshkov V.V., Epaneshnikov M.M.** Osvetitel'nye Ustanovki. M.: Energiya, 1972. (in Russian).
6. **Skorik Yu.A. i dr.** O Kompleksnom Podhode k Otsenke Zritel'noy Rabotosposobnosti i Obshchego Sostoyaniya Nablyudatelya pri Svetodiodnom Osveshchenii. Problemy i Perspektivy Razvitiya Otechestvennoy Svetotekhniki, Elektrotekhniki i Energetiki: Materialy XIII Vseross. Nauch.-tekhn. Konf. s Mezhdunar. Uchastiem v Ramkah IV Vseros. Svetotekhnicheskogo Forum s Mezhdunar. Uchastiem. Saransk, 2017:70—75. (in Russian).
7. **Teksheva L.M.** Sravnitel'naya Gigienicheskaya Otsenka Usloviy Osveshcheniya Lyuminestsentnymi Lampami i Svetodiodnymi Istochnikami Sveta v Shkolah. Svetotekhnika. 2012;5:16—22. (in Russian).
8. **Nikitina T.N.** Zritel'naya Rabotosposobnost' Detey Razlichnogo Vozrasta. SPb.: Voenno-meditsinskaya akademiya im. S.M. Kirova, 2004. (in Russian).
9. **Hlushchevskaya O.A., Himich G.Z.** Problemy Adaptatsii i Zdorov'e Studentov. Aktual'nye Problemy Gumanitarnykh i Estestvennykh Nauk. 2015;4-1 (75):64—67. (in Russian).
10. **Meshcheryakov B.G., Zinchenko V.P.** Bol'shoy Psihologicheskii Slovar'. M.: Praym-Evroznak, 2003. (in Russian).
11. **Doskin V.A., Lavrent'eva N.A., Sharay V.B., Mirosnikov M.P.** Samochuvstvie. Aktivnost'. Nastroenie. Psihologicheskie Testy. M.: Vldos, 2000. (in Russian).
12. **Hrustalev Yu.M.** Vvedenie v Biomeditsinskuyu Etiku. M.: Akademiya, 2010. (in Russian).
13. **SanPiN 2.2.4.548—96.** Gigienicheskie Trebovaniya k Mikroklimatu Proizvodstvennykh Pomescheniy. (in Russian).
14. **Ahmadeev R.R., Girfattulina R.R., Halfin R.M., Egorova N.N.** Vzaimosvyaz' Zritel'noy Rabotosposobnosti i Pokazateley Funktsional'nogo Sostoyaniya Zritel'noy Sistemy pri Pol'zovanii Personal'nym Komp'yuterami. Meditsinskiy Vestnik Bashkortostana. 2008;6;3:17—20. (in Russian).
15. **Praktikum** po Fiziologii Truda. L.: Izd-vo Leningradskogo Un-ta, 1970. (in Russian).
16. **Weston H.C.** On Age and Illumination in Relation to Visual Performance. Illuminating Eng. Society Trans. 1999;14;9:281—297.
17. **Gal'tsova E.M., Voynova O.S.** Metody Otsenki Zritel'noy Rabotosposobnosti v Ustanovkakh so Svetodiodami. Problemy i Perspektivy Razvitiya Otechestvennoy Svetotekhniki, Elektrotekhniki i Energetiki: Sb. Nauch. Trudov XI Mezhdunar. Nauch.-tekhn. Konf. v Ramkah Vseros. Svetotekhnicheskogo Forum s Mezhdunar. Uchastiem. Saransk, 2013:91—95. (in Russian).
18. **Popov M.V., Sentyabrev N.N., Mandrikov V.B.** Dinamika Funktsional'nogo Sostoyaniya Organizma i Harakteristik Anaerobnoy Rabotosposobnosti Begunov-sprinterov Pri Vozdeystvii Efirnykh Masel. Uchenye Zapiski Un-ta im. P.F. Lesgafta. 2011;75;5:96—100. (in Russian).
19. **Trushkov V.F.** Pokazately Nervnoy, Serdechno-sosudistoy Sistemy u Lits s Razlichnym Urovnem Strossoustoychivosti v Usloviyakh Shumovogo Zagryazneniya Okruzhayushchey Sredy. Fundamental'nye Issledovaniya. 2007;8:109—110. (in Russian).
20. **Lokshina A.A.** Osvetitel'naya Ustanovka Dinamichnogo Osveshcheniya: Diplomnyy Proekt po Programme Spetsialista. M.: Izd-vo MPEI, 2008:83—86. (in Russian).
21. **Kunjachan S. e. a.** Noninvasive Imaging of Nanomedicines and Nanotheranostics: Principles, Progress, and Prospects. Chem. Rev. 2015;115;19:10907—10937.
22. **Pat № 3546 Ukraina.** Sposob Otsenki Rasstroystv Gemodinamiki / Malyhin A.V. i dr. Byull. 2004;10. (in Russian).
23. **Martynova A.A. i dr.** Psihofiziologicheskoe Sostoyanie Organizma Rabotnikov Gornorudnogo Proizvodstva v Vysokih Shirotah. Izvestiya Samarskogo Nauch. Tsentra RAN. 2011;13;1-7:1783—1787. (in Russian).
24. **Nechipurenko O.N. i dr.** Osobennosti Elektrolitnogo Obmena u Detey, Stradayushchih Razlichnymi Klinicheskimi Formami Bronhitov. Tavricheskiiy Medikobiologicheskii Vestnik. 2010;4(52);13:118—122. (in Russian).
25. **Malyhin A.V., Malyhina N.A., Shamaev A.E., Voychenko V.V.** Fototerapiya v Lechenii Depressivnykh Rasstroystv. Otsenka Metabolicheskikh Pokazateley s Pomoshch'yu Pribora AMP. Fotobiologiya Ta Fotomeditsina. 2009;1;6:49—54. (in Russian).
26. **Kuz'minskiy Yu.G. i dr.** Identifikatsiya Parametrov Krovoobrashcheniya na Osnove Matematicheskogo Analiza Rezul'tatov Ostsillometricheskoy Tonometrii. Sovremennoe Sostoyanie i Problemy Estestvennykh Nauk: Trudy Vseross. Nauch.-prakt. Konf. Molodykh Uchenykh, Aspirantov i Studentov. Tomsk: Tomskiy Politekh. Un-t., 2009:3. (in Russian).
27. **Russel J., Cohn R.** Student's t-criterion. VSD, 2013.
28. **Hollender M., Vulf D.** Neparametricheskie metody Statistiki. M.: Finansy i Statistika, 1983. (in Russian).
29. **Leman E., Prohorov Yu.V.** Proverka Statisticheskikh Gipotez. M.: Nauka, 1964. (in Russian).

30. **Trudovoy** Kodeks Rossiyskoy Federatsii. M.: Delo, 2003. (in Russian).

31. **Zheleznikova O.E., Sinitsyna L.V., Kurin S.V.** Otsenka Funktsional'nogo Sostoyaniya Organa Zreniya i Organizma v Tselom pri Svetodiodnom Osveshchenii Proizvodstvennykh Pomeshcheniy. Problemy i Perspektivy Razvitiya Otechestvennoy Svetotekhniki, Elektrotekhniki i Energetiki: Sb. Nauch. Trudov XI Mezhdunar. Nauch.-tekhn. Konf. v Ramkah Vseros. Svetotekhnicheskogo Forumu s Mezhdunar. Uchastiem. Saransk, 2017:250—255. (in Russian).

32. **De Kort Y.A.W., Smolders K.** Effects of Dynamic Lighting on Office Workers: First Results of a Field Study with Monthly Alternating Settings. *Lighting Research and Technol.* 2010;42;3:345—360.

33. **Van Bommel W.** Dynamic Lighting at Work—both in Level and Colour. *Proc. 2nd CIE Expert Symp. Lighting and Health.* 2006;62:67.

34. **Mott M.S. e. a.** The Supporting Effects of High Luminous Conditions on Grade 3 Oral Reading Fluency Scores. *Springer Plus.* 2014;3;1:53—58.

35. **Ataev A.E., Bynina M.V., Snetkov V.Yu.** Opredelenie Vizual'nykh Parametrov Individual'nykh Sredstv Otobrazheniya Informatsii. *Vestnik MPEI.* 2012;2:122—124. (in Russian).

Сведения об авторах

Скорик Юлия Александровна — аспирант кафедры светотехники НИУ «МЭИ», e-mail: skorikyulia@gmail.com

Бычин Евгений Федорович — начальник управления разработки и внедрения систем координации ООО «Научно-производственное объединение «Программные комплексы реального времени», e-mail: Forj1978@yandex.ru

Дубов Валерий Никанорович — руководитель отделения ФГУ «Лечебно-диагностический центр Генерального Штаба РФ», e-mail: Doctor.dubov@gmail.com

Information about authors

Skorik Yulia A. — Ph.D-student of Lighting Engineering Dept., NRU MPEI, e-mail: skorikyulia@gmail.com

Bychin Evgeniy F. — Head of Development and Implementation of the Coordination Systems in LLC «Research and Production Association «Real-time Software systems», e-mail: Forj1978@yandex.ru

Dubov Valeriy N. — Branch Manager FSU «Diagnostic and Treatment Center of the General Staff of the Russian Federation», e-mail: Doctor.dubov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 20.06.2017