УДК 628.98

КАЧЕСТВО ОСВЕЩЕНИЯ И ОХРАНА ТРУДА

ILLUMINATION QUALITY AND OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

Воронин Вячеслав Андреевич,
ассистент, e-mail: voroninva670@yandex.ru
Vyacheslav Voronin A.,
assistant
Долгопол Татьяна Леонидовна,
доцент, e-mail: tdolgopol@yandex.ru
Dolgopol Tatyana L.,
associate professor

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация: *Основной целью данной работы является акцентирование внимания на проблемах обеспечения требуемого качества освещения в общественных зданиях. В статье произведена оценка влияния коэффициентов отражения поверхностей помещения, цветности излучения ламп, светораспределения светильников на качественные и количественные показатели освещения. После проведения светотехнического аудита помещений КузГТУ различного назначения были рассчитаны показатели дискомфорта и коэффициенты пульсаций освещенности с помощью программы DiaLux 4.11. Согласно полученным результатам, изменение отражающих свойств поверхностей стен и пола оказывают незначительное влияние на пульсации освещенности. При этом, увеличение доли отраженного светового потока осветительной установки приводит к уменьшению показателя дискомфорта. Гораздо большее влияние на качество освещения оказывают цветность излучения ламп и светораспределение светильников.*

Abstracts: *The main idea of the paper is focusing on the problems of ensuring the required level of illumination quality in public buildings. The paper evaluated the influence of reflection coefficients of room surface, color temperature of lamps, candlepower distribution of lamps on quality and quantity indices of illumination. It begins with the lighting audit of different rooms of KuzSTU, then the unified glare raiting and illumination ripple factor are analyzed. According to the results, the reflection coefficients of wall and floor has a negligible impact on the illumination ripples. Increasing of the reflected luminous flux reduces the unified glare raiting. Greater influence on the illumination quality has the color temperature of lamps and candlepower distribution of lamps.*

Ключевые слова: *освещение, качество освещения, пульсации освещенности*
Key words: *illumination, illumination quality, illumination ripples*

С точки зрения безопасности труда зрительная способность и зрительный комфорт имеют большое значение. Уровень и качество освещения должны обеспечивать нормальные условия для зрительной работы. Для офисов и учебных заведений неудовлетворительное освещение рабочего места может привести к повышенной утомляемости, головным болям и снижению работоспособности. Для производственных помещений – к серьезным травмам, связанным с неверным осознанием степени риска при работе с различным технологическим оборудованием, вследствие несоответствия качественных показателей освещения установленным требованиям.

Часто при проектировании осветительных установок (ОУ) пренебрегают обеспечением требований к качеству освещения и уделяют внимание только количественным характеристикам освещения. Однако даже выполнение нормированного уровня освещенности на рабочем месте не может обеспечить требуемых и безопасных условий работы. Присутствие в поле зрения человека ярких предметов, блескости источников света значительно затрудняет работу глаз, вызывает чувство дискомфорта. В российских нормативных документах [1, 2] это явление характеризуется показателем дискомфорта (M), в европейских – обобщенным показателем дискомфорта (UGR).

Пульсации светового потока газоразрядных источников света при питании их переменным током промышленной частоты обуславливают пульсации освещенности на рабочих местах. Эти пульсации не заметны для человеческого глаза, однако, оказывают негативное влияние на цен-

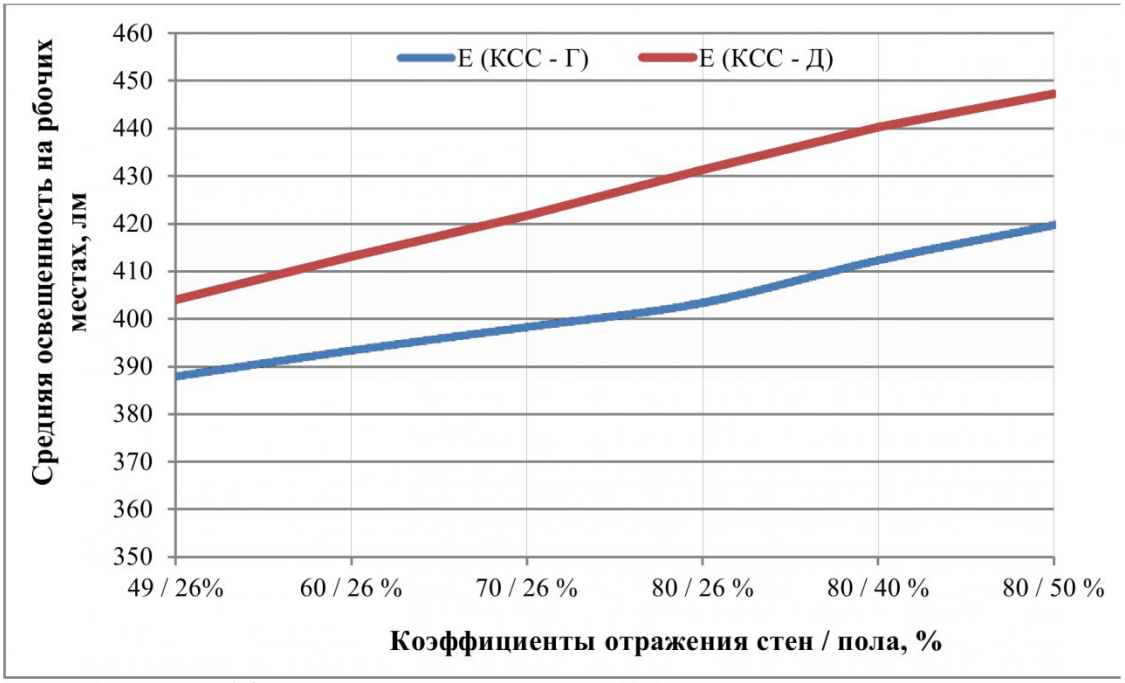

Рис. 1. Влияние коэффициентов отражения и типа КСС светильников на уровень освещенности рабочих мест

Fig. 1. Influence of reflection coefficients and type of Candlepower Distribution Curve of lamps on illuminance level of workplaces

тральную нервную систему, вызывая чувство усталости, снижение работоспособности и т.д. В российских стандартах нормируются максимально допустимые значения коэффициента пульсации освещенности ($K_п$).

В данной статье были проанализированы качественные и количественные характеристики освещения, выявлены причины их отклонений от требований нормативных документов, а также предложены мероприятия по улучшению качества освещения. Объектом исследования стали три аудитории КузГТУ – учебная аудитория (а.3401), компьютерный зал (а.3400) и помещение кафедры (а.3403). Измерения уровня освещенности и коэффициента пульсаций выполнялись с помощью Пульсметра-Люксметра ТКА-ПКМ, другие показатели качества освещения рассчитывались в программе Dialux 4.11.

В компьютерном зале и учебной аудитории для освещения используются 9 четырехламповых светильников с люминесцентными лампами серии Т8, мощностью 18 Вт с электромагнитными ПРА, в помещении кафедры – 10 двухламповых светильников с лампами накаливания мощностью 75 Вт (цоколь Е27).

Результаты измерения освещенности, пульса-

Таблица 1. Нормативные характеристики освещения и результаты измерений
Table 1. Normative characteristics of illumination and measurement results

Наименование аудитории	**Компьютерный зал**	**Помещение кафедры**	**Учебная аудитория**
Нормативные значения			
Освещенность на рабочем месте, лк	400	400	400
Показатель дискомфорта *M* (Обобщенный показатель дискомфорта *UGR*)	40 (22)	40 (22)	40 (22)
Коэффициент пульсаций освещенности $K_п$, %	5	10	10
Результаты измерений и расчетов			
Средняя освещенность на рабочих местах, лк	173,6	119,2	345,7
Количество рабочих мест, где обеспечивается норма освещенности / общее количество рабочих мест	0 / 10	0 / 12	1 / 13
Обобщенный показатель дискомфорта *UGR*	-	-	15
Средний коэффициент пульсаций освещенности $K_п$, %	21,3	4,98	48,5
Количество рабочих мест, где обеспечивается $K_п$ / общее количество рабочих мест	0 / 10	12 / 12	0 / 13

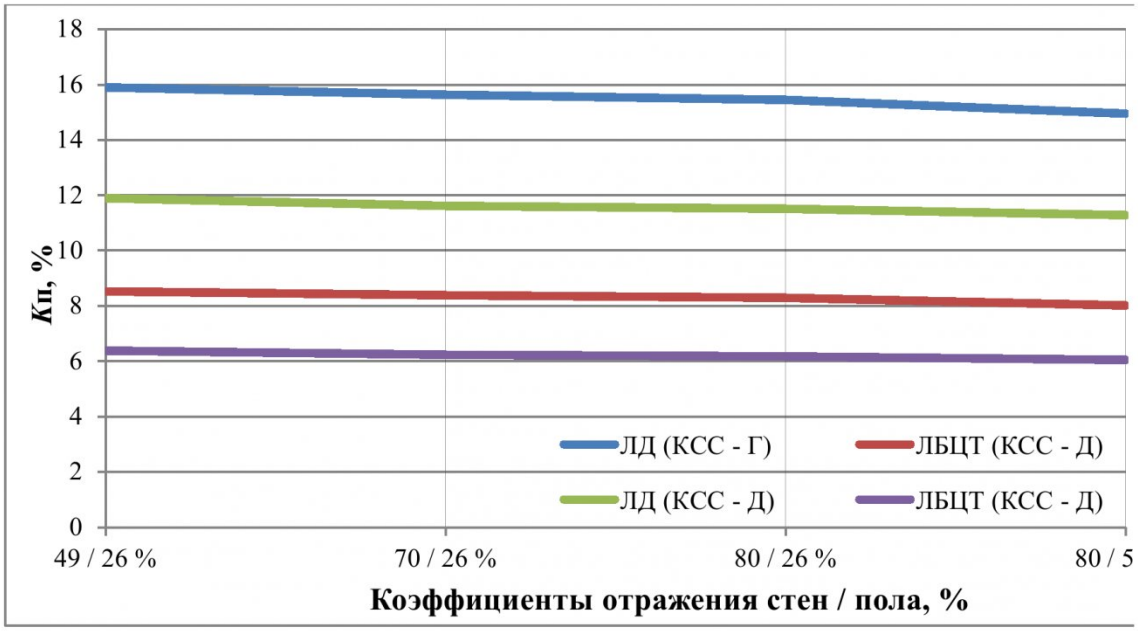

Рис. 2. Влияние коэффициентов отражения и типа КСС светильников на коэффициент пульсаций освещенности

Fig. 2. Influence of reflection coefficients and type of Candlepower Distribution Curve of lamps on illumination ripple factor

ций освещенности и расчета качественных показателей освещения приведены в табл. 1.

Для анализа способов увеличения уровня освещенности и улучшения качественных показателей освещения в программе Dialux выполнено моделирование ОУ на примере учебой аудитории. В данной аудитории стены окрашены в персиковый цвет, имеющий коэффициент отражения равный 49%. Известно, что при увеличении отражающей способности поверхностей помещения, увеличивается уровень освещенности. Рассмотрим целесообразность окраски стен в более светлые тона и замену напольного покрытия на более светлое (табл.2). Моделирование произведено для светильников с разными видами светораспределения в пространстве (типами КСС).

Как следует из приведенных графиков, увеличением отражающей способности стен и пола можно добиться увеличения освещенности только на 8,19%, что недостаточно для обеспечения требуемой нормы освещенности в рассматриваемой аудитории. При использовании светильников с КСС типа Д можно получить почти в два раза больший эффект за счет большей величины светового потока, направляемого светильниками на стены. Анализ проведенных исследований так же показал, что увеличение коэффициента отражения стен снижает показатель дискомфорта.

Для решения проблемы пульсаций освещенности, рассмотрим факторы, влияющие на данный показатель освещения (табл. 2, [3, 4]). Коэффициент пульсации $K_п$ зависит от пульсаций светового потока источника света ($K_{пи}$), который, в свою очередь, определяется цветностью излучения люминесцентных ламп (ЛЛ).

Одним из способов снижения пульсаций освещенности является «перефазировка» светильников, т.е. подключение светильников в одном помещении в разным фазам трехфазной электрической сети. Согласно методике, изложенной в работах [3, 4], были рассчитаны коэффициенты пульсаций освещенности для разных способов «перефазировки» при использовании ламп дневного света типа ЛД.

Замена используемых источников света на люминесцентные лампы типа ЛД позволит уменьшить коэффициент пульсаций освещенности на 67,2%. И даже реализация данного мероприятия для рассматриваемой ОУ не обеспечит нормированного значения коэффициента пульсаций.

Результаты исследований о влиянии отражающих свойств поверхностей помещения и типа светораспределения светильников на пульсации освещенности на рабочих местах представлены графически на рисунке 2.

Согласно полученным графикам, изменение отражающих свойств поверхностей стен и пола оказывают незначительное влияние на пульсации освещенности. Гораздо большее влияние на качество освещения оказывают цветность излучения ламп и светораспределение светильников. Рассмотренные проблемы с пульсациями освещенности возникают только при использовании электромагнитной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА). Очевидно, что использование в ОУ электронной ПРА решит эту проблему при минимальных затратах на реконструкцию освещения.

Вывод. Проектирование осветительных установок должно осуществляться не только с учетом обеспечения требуемых норм освещенности, но и качественных показателей освещения с целью

Таблица 2. Коэффициенты пульсаций светового потока различных типов ЛЛ
Table 2. Illumination ripple factors of luminous flux of different types of Fluorescent Lamp

Тип ЛЛ	ЛБЦТ	ЛБ	ЛХБ	ЛД	ЛЕЦ	ЛДЦ
Цветовая температура,К	5000	3500	4000	6500	4000	6500
$K_{пи}$, %	26	34	35	50	64	72

Таблица 3. Влияние «перефазировки» светильников на пульсации освещенности
Table 3. Influence of lamp distribution between phases on illumination ripples

Распределение светильников в помещении по фазам	A - A - A A - A - A A - A - A	A - B - C A - B - C A - B - C	A - B - C B - C - A A - B - C	A - B - C B - C - A C - A - B
$K_{п\ ср}$, %	48,7	27,4	17,5	15,9
$K_{п\ max}$, %	49,5	38,9	29,0	26,2

обеспечения требуемого комфорта выполнения зрительной работы, как в производственных, так и в общественных помещениях.

Новизна представленной работы заключается в том, что до сих пор нигде количественно не оценивалось влияние характеристик источников света и светильников, а также отражающих свойств поверхностей помещений на количественные и качественные показатели освещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1/1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
3. МУ 2.2.4.706-98. Физические факторы производственной среды. Оценка освещенности рабочих мест.
4. Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг, Ю.Б. Оболенцев, Р.И. Берим и др. – Л.: Энергия, 1976. – 384 с.

REFERENCES

1. SP 52.13330.2011. Estestvennoe i iskusstvennoe osveshchenie [Natural and artificial lighting].
2. SanPiN 2.2.1/2.1.1/1278-03. Gigienicheskie trebovaniya k estestvennomu, iskusstvennomu i sovmeshchennomu osveshcheniyu zhilykh i obshchestvennykh zdaniy [Hygienic requirements to natural, artificial and combined illumination of residential and public buildings].
3. MU 2.2.4.706-98. Fizicheskie faktory proizvodstvennoy sredy. Otsenka osveshchennosti rabochikh mest [Physical factors of the production environment. Evaluation of illumination of workplaces].
4. Knorring, G.M. Spravochnaya kniga dlya proektirovaniya elektricheskogo osveshcheniya [Handbook for the design of electric lighting] / G.M. Knorring, Yu.B. Obolentsev, R.I. Berim i dr. – Leningrad: Energiya, 1976. – 384 P.

Поступило в редакцию 09.01.2016
Received 09 Januar 2015