



Научная сессия БГМУ 2021



РЕЗУЛЬТАТЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОЙ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

Баслык А.Ю.¹, Итпаева-Людчик С.Л.¹,
Коноплянко В.А.¹, Кравцов А.В.¹, Челябин А.Е.²

¹Государственное предприятие «НПЦГ»

²Государственное предприятие «ЦСОТ НАН Беларуси»

27 января 2021 г., Минск, Республика Беларусь



Всемирная организация
здравоохранения

По данным ВОЗ

28 % людей с умеренными или тяжелыми нарушениями зрения находятся в **трудоспособном возрасте** (11.10.2018)

Приблизительно **80 %** всех случаев нарушения зрения, отмечающихся в мире, считаются предотвратимыми¹

Основные причины нарушения зрения:

- ✓ врожденные;
- ✓ наследственные.

Дополнительные факторы нарушения зрения (приобретенные причины):

- ✓ образ жизни;
- ✓ высокие зрительные нагрузки, перенапряжение глазных мышц и нервов (работа с мелкими и/или близко расположенными предметами (например: часовое, швейное производство, точное приборостроение, умственная деятельность));
- ✓ длительная статическая работа глаза (например: работа за компьютером, чтение);
- ✓ **продолжительное нахождение в помещении;**
- ✓ **качество световой среды помещений**².

¹ <https://www.who.int/ru/news-room/detail/08-10-2019-who-launches-first-world-report-on-vision>

² https://www.who.int/blindness/AP2014_19_Russian.pdf?ua=1

Цель исследования

Выполнить гигиеническую оценку искусственной световой среды, формируемой различными электрическими источниками света (разрядными, светодиодными, лампами накаливания) на рабочих местах в помещениях производственных и общественных зданий

Задачи исследования

1. Провести инструментальные измерения светотехнических характеристик электрических источников света в лабораторных условиях для определения гигиенически значимых показателей.
2. Выполнить инструментальные измерения показателей искусственной световой среды в реальных условиях эксплуатации различных типов источников света в помещениях производственных и общественных зданий.
3. Отработать методические приемы гигиенической оценки показателей искусственной световой среды.

Гигиеническая оценка – определение соответствия показателей факторов среды обитания человека санитарно-эпидемиологическим требованиям, санитарным нормам, правилам и гигиеническим нормативам.



Световая среда (освещение, с гигиенической точки зрения) – совокупность **количественных и качественных показателей**, характеризующих видимый диапазон электромагнитного излучения (длина волны от ~ 400 нм до ~ 760 нм) с позиций безопасности и безвредности для человека.

Основные **показатели световой среды:**

- ✓ **количественные** (освещенность рабочей поверхности, яркость);
- ✓ **качественные** (коэффициент пульсации искусственной освещенности, показатель дискомфорта, цветовая температура, индекс цветопередачи).

В настоящее время при осуществлении контроля искусственного освещения на рабочих местах рутинно выполняется гигиеническая оценка **только одного** показателя световой среды – **освещенности...**

Исследования направленные на гигиеническую оценку искусственной световой среды, формируемой электрическими источниками света, включали 2 направления

Инструментальные измерения светотехнических параметров электрических источников света (светодиодных, разрядных, ламп накаливания) в условиях испытательной лаборатории ЦСОТ НАНБ (168 источников света):

- световой поток;
- удельная яркость источника света;
- цветовая температура;
- пульсация светового потока;
- индекс цветопередачи;
- распределение мощности излучения по спектру

Инструментальные измерения и гигиеническая оценка показателей искусственной световой среды на 478 рабочих местах в помещениях (ОАО «Интеграл», ОАО «Могилевлифтмаш», ИООО «Мебелайн», ОАО «Могилевхимволокно», ОАО «Речицадрев», ТЦ «Силуэт», ОАО «БМЗ», ОАО «Савушкин продукт» и др.):

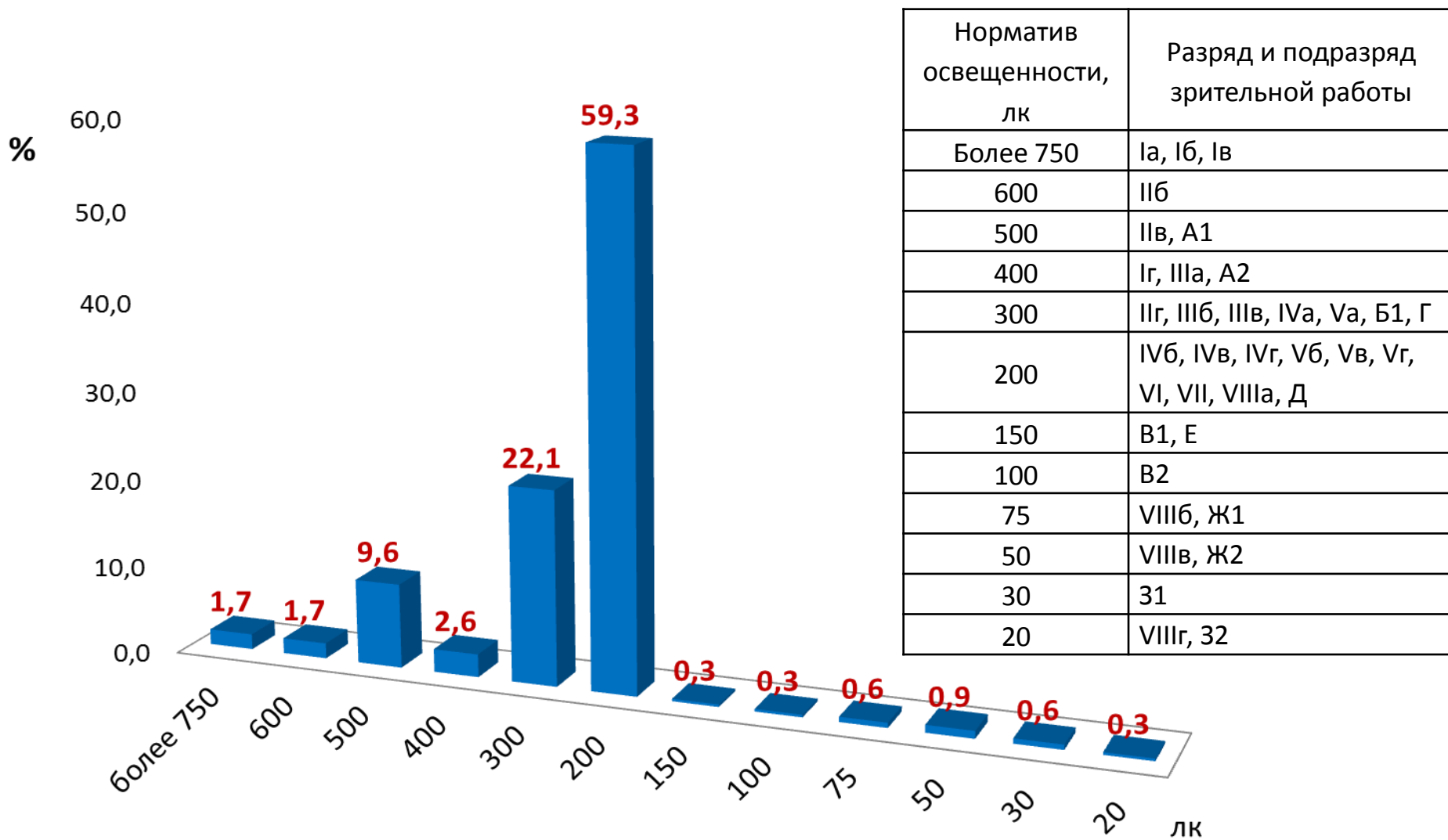
- освещенность (n=594);
- яркость (n=108);
- цветовая температура (n=106);
- индекс цветопередачи (n=94);
- коэффициент пульсации освещенности (n=480)

Лабораторные исследования ламп

Таблица 1 - Результаты лабораторных исследований светотехнических показателей электрических источников света

Наименование показателя	Тип электрического источника света		
	Светодиодные М (min; max)	Разрядные М (min; max)	Лампы накаливания М (min; max)
Световой поток, лм	867 (163; 15780)	342 (197; 550)	846 (584; 1340)
Цветовая температура, К	3655 (2574; 7072)	3443 (2062; 6781)	2701 (2644; 2797)
Индекс цветопередачи	78 (59; 85)	71 (61; 82)	100 (99; 100)
Коэффициент пульсации, %	16,3 (<1,0; 100)	–	<1,0
Удельная яркость, ккд/м ² /Вт	22,3 (17,8; 27,9)	4,2 (3,4; 5,3)	–
Распределение мощности излучения по спектральным поддиапазонам, %			
380-411 нм	0,1	3,8	0,6
411-437 нм	2,0	7,1	0,9
437-477 нм («синяя опасность»)	12,5	2,3	2,4
477-500 нм	3,8	5,7	2,1
500-600 нм	44,7	40,4	16,9
600-700 нм	33,8	37,4	31,9
700-800 нм	3,1	3,2	45,2
Примечание: исследования проведены совместно с испытательной лабораторией ЦСОТ НАНБ			

Результаты исследования нормативных требований к искусственной освещенности в зависимости от характера выполняемых зрительных работ на обследованных рабочих местах*



* - при расчете распределения нормативных значений искусственной освещенности рабочих поверхностей на исследованных рабочих местах были исключены постоянные рабочие места у ЭВМ

Гигиеническая оценка освещенности, яркости и коэффициента пульсации

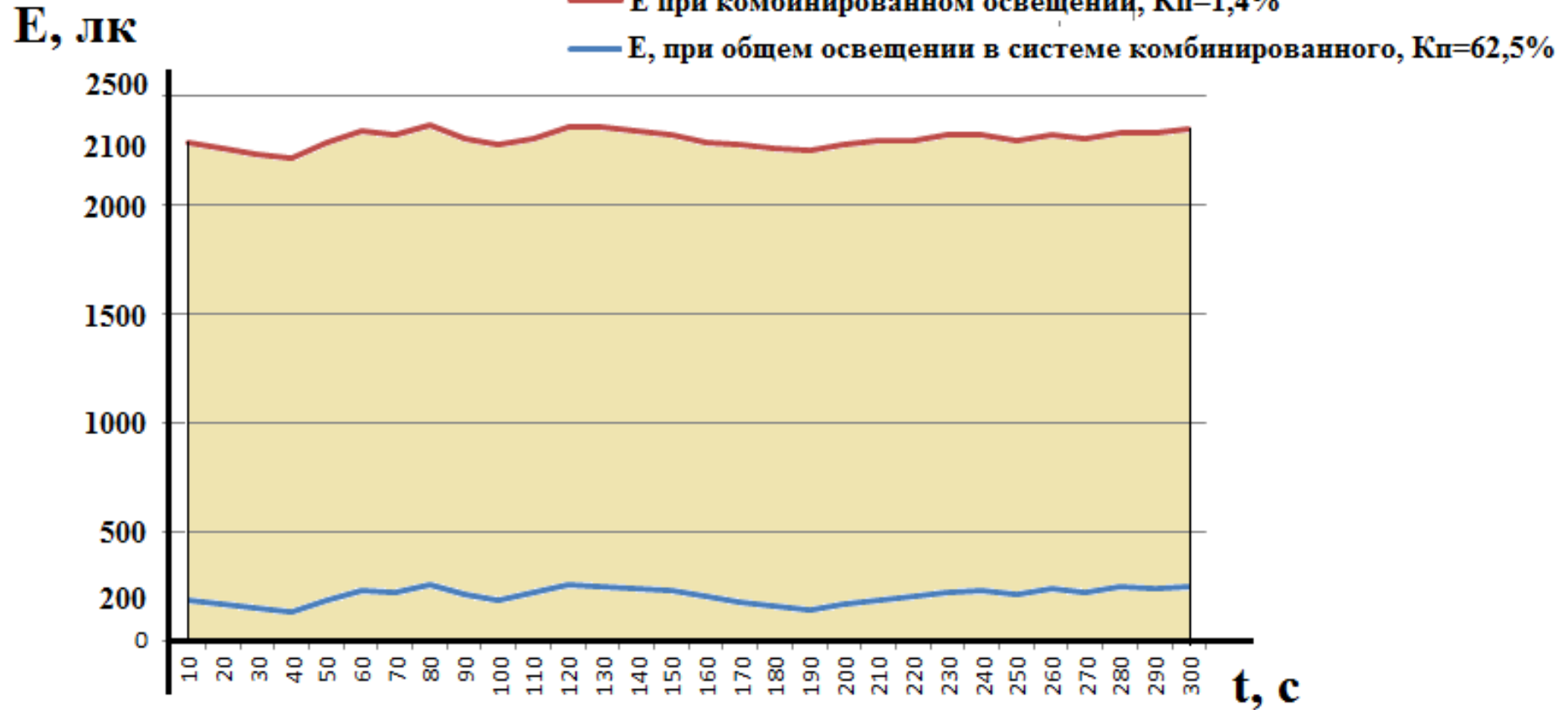
Таблица 2 - Результаты сравнительной гигиенической оценки показателей искусственной световой среды при системе общего освещения рабочих мест

Оцениваемый показатель световой среды	Нормативные значения показателей световой среды	Значения показателей световой среды в зависимости от типа источника света ($M \pm m$)		
		Светодиодные (n=134)	Разрядные (n=326)	Лампы накаливания (n=18)
Искусственная освещенность ($E_{и}$), лк	Не менее 200*	337±8,6	342±8,5	344±10,9
Яркость (L), кд/м ²	Не более 500	58±7,5 (max - 480)	59±14,1 (max - 200)	-
Коэффициент пульсации (K_p), %	Не более 10	1,9±0,3	1,7±0,3	<1,0
* - наиболее часто применяемое нормативное значение освещенности (~ 59 %)				

Доля результатов измерений коэффициента пульсации освещенности, превышающих нормативные значения составила:

- 1,6 % для светодиодных источников света;
- 2,5 % для разрядных источников света.

«Вуалирующий» эффект высоких значений «помеховой» освещенности при измерениях коэффициента пульсации искусственной освещенности



«Вуалирующий» эффект может наблюдаться при оценке коэффициента пульсации освещенности в системе комбинированного искусственного освещения, когда высокие значения коэффициента пульсации освещенности от общего освещения нивелируются большими значениями освещенности, создаваемой местным «не пульсирующим» освещением в системе комбинированного искусственного освещения рабочей поверхности.

Изучение цветности световой среды, создаваемой светодиодными источниками света

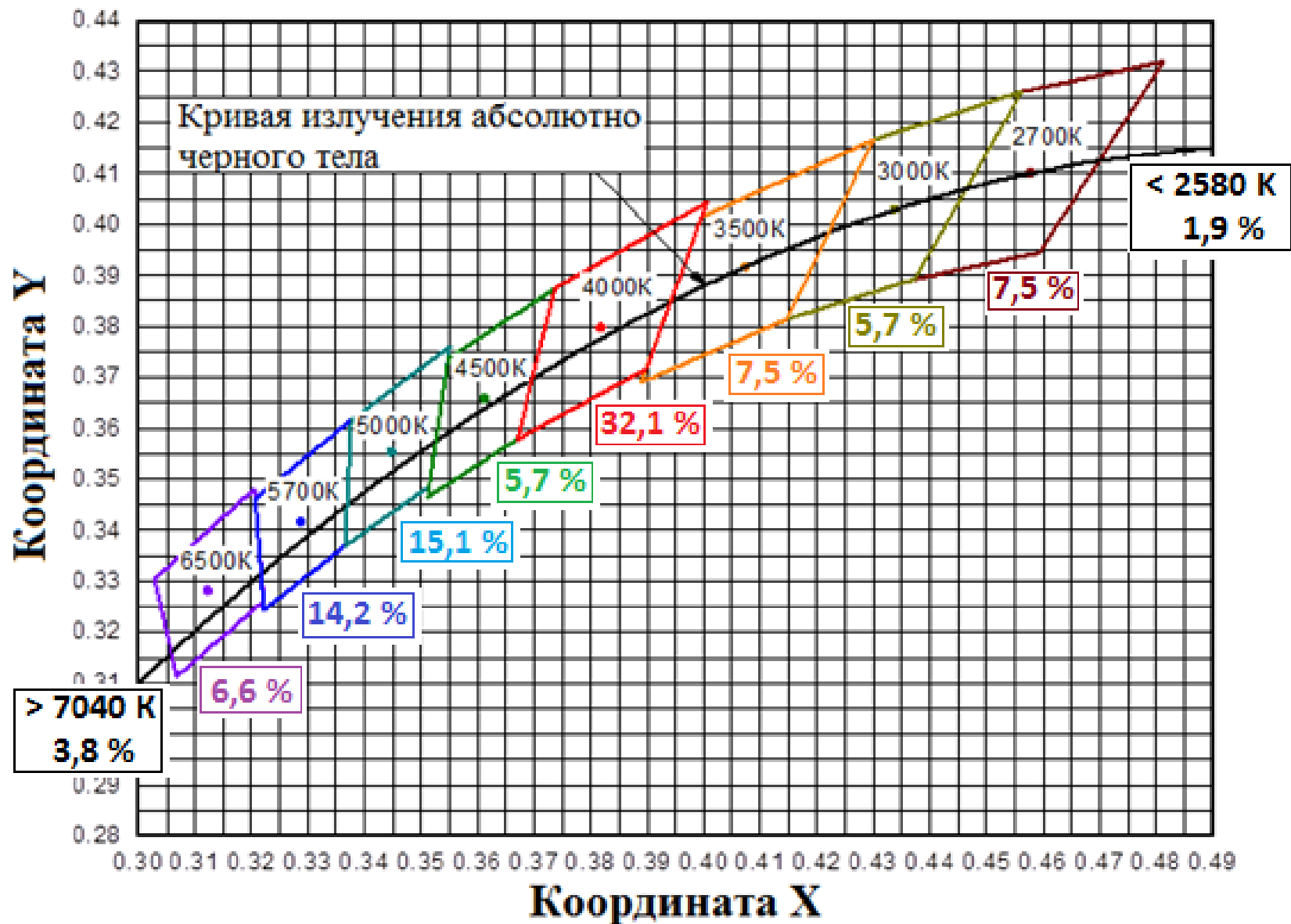
Таблица 3 – Результаты исследований цветности световой среды на рабочих местах в производственных помещениях

Цветность излучения*	КЦТ*, К	Доля рабочих мест, характеризующихся соответствующей цветностью излучения систем искусственного освещения, %	Измеренная КЦТ, \bar{K} (min; max)
Теплая	Менее 3300	15	4458 (2011; 22146)
Средняя (нейтральная)	Свыше 3300 до 5300	60	
Холодная	Свыше 5300	25 (в том числе 13,2 % свыше 6000 К)	

* - Классификация цветности источников света по коррелированной цветовой температуре (КЦТ) согласно EN 12464-1 "Light and lighting. Lighting of work places. Indoor work places"

Проведенные исследования, показывают, что **13,2 %** обследованных рабочих мест находятся в условиях искусственной световой среды с КЦТ, превышающей **6000 К** (из них 5,6 % с КЦТ, превышающей 6500 К). По мнению международных экспертов (ICNIRP, 2020) свет с КЦТ > 6000 К, может оказывать неблагоприятное воздействие на человека.

Распределение (%) измеренной КЦТ на исследованных рабочих местах на графике цветностей МКО 1931 г. с линией абсолютно черного тела и семейством четырехугольников допустимых отклонений КЦТ от ее номинального значения



Изучение цветопередачи световой среды, создаваемого светодиодными источниками света

Таблица 5 – Результаты исследований индекса цветопередачи световой среды на рабочих местах в производственных помещениях

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Минимальный рекомендуемый индекс цветопередачи	Измеренный индекс цветопередачи \bar{X} (min; max)
Контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению (контроль готовой продукции на швейных фабриках, тканей на текстильных фабриках, сортировка кожи, подбор красок для цветной печати и т. п.)	90	81,4 (70,0; 98,4)
Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению (ткачество, швейное производство, цветная печать и т. д.)	85	
Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению (сборка радиоаппаратуры, прядение, намотка проводов, концертные, актовые и зрительные залы, вестибюли и т. п.)	40-80	
Требования к цветоразличению отсутствуют (механическая обработка металлов, пластмасс, сборка машин, инструментов и т. п.)	25-50	

Выводы

1. Для полной и всесторонней гигиенической оценки искусственного освещения на рабочих местах необходима оценка совокупности (комплекса) количественных и качественных показателей световой среды.
2. Каждый из применяемых типов электрических источников света (разрядные, светодиодные, лампы накаливания) обладает уникальными светотехническими характеристиками, требующими специфического подхода к их гигиенической оценке.
3. Полученные результаты гигиенической оценки показателей искусственного освещения рабочих мест свидетельствуют о том, что светодиодные источники света по параметрам создаваемой световой среды идентичны разрядным.
4. Проведенные исследования, показывают, что значительное количество рабочих мест (около 13 % от исследованных) характеризуется чрезмерно холодной цветностью (цветовая температура > 6000 K) световой среды производственных помещений, а средние уровни цветопередачи исследованных светодиодных источников света могут обеспечить качественное зрительное восприятие цветного окружающего пространства и цветов объектов при выполнении зрительных работ невысокой точности (малой или грубой) без предъявления особых требований к цветоразличению, а также работ, связанным общим наблюдением за ходом производственного процесса и инженерными коммуникациями. При этом с целью обеспечения зрительного комфорта для работников, выполняющих зрительные работы высокой и средней точности, а также для адекватного и качественного проведения визуальной оценки при контроле цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению и сопоставлению цветов объектов различения необходимо подбирать электрические источники света с более высокими (более 85) значениями индекса цветопередачи.