УДК 628.9.04

АНАЛИЗ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ СВЕТА ВО ВНУТРЕННЕМ ОСВЕЩЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
ANALYSIS OF COLOR CHARACTERISTICS OF LIGHT SOURCES IN INDOOR LIGHTING OF INDUSTRIAL OBJECTS

П.А. Чибисова, Д.В. Бердовский
Научный руководитель – В.Н. Калечиц, к.т.н.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
P. Chibisova, D. Berdovskiy
Supervisor – V. Kalechyts, Candidate of Technical Sciences,
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: *в данной статье описываются основные особенности цветовых характеристик источников света во внутреннем освещении промышленных объектов.*

Abstract: *This article describes the main features of the color characteristics of light sources in the indoor lighting of industrial objects.*

Ключевые слова: *цветовая температура, освещенность, яркость, источники света.*

Keywords: *color temperature, illuminance, brightness, light sources.*

Введение

Эффективное внутреннее освещение промышленных объектов играет важнейшую роль в обеспечении безопасности труда, повышении производительности и улучшении качества выполняемых работ. Факторами, влияющими на качество освещения, восприятие цвета объектов, точность выполнения операций и общее психологическое состояние персонала, являются цветовая температура, индекс цветопередачи, насыщенность и яркость.

В этой статье рассмотрены основные аспекты цветовых характеристик света и их влияние на внутреннее освещение промышленных объектов.

Основная часть

Цветовая характеристика – это совокупность параметров, описывающих свойства цвета, его восприятие человеческим глазом. Она включает в себя: **оттенок**, **насыщенность**, **яркость.**

Эти параметры позволяют не только описать визуальное восприятие цвета, но и определить связь с физическими характеристиками света, такими как спектральное распределение и длина волны [1, 2].

Насыщенность – это характеристика света, отражающая степень приближения цвета к спектрально чистому, насыщенному оттенку.

Яркость – это световая величина, характеризующая интенсивность света, излучаемого или отражаемого поверхностью в определённом направлении, на единицу площади этой поверхности, проецируемой на плоскость, перпендикулярную направлению наблюдения

Цветовая температура – это основной параметр, определяющий цветовой оттенок света [3]. Она измеряется в градусах Кельвина (К) и характеризует спектральный состав излучения источника света. Чем ниже цветовая температура, тем более теплый и желтый свет излучает источник, а чем выше – тем холоднее и синее. Существуют основные диапазоны цветовой температуры:

1. тепло-белый свет (до 3300 К);
2. нейтрально-белый свет (3300–5000 К);
3. белый дневного света (выше 5000 К).

Тепло-белый свет используется для создания уютной атмосферы в жилых помещениях. Нейтрально-белый свет применяется в помещениях с многофункциональным назначением, так как способствует концентрации внимания, обеспечивает равномерное освещение рабочих поверхностей. Белый дневного света используется на промышленных объектах Республики Беларусь, где важны высокая видимость и точность цветопередачи для выполнения технологических процессов и обеспечения комфортных условий труда. Индекс цветопередачи – это количественная мера способности источника света передавать цвета объектов по сравнению с эталонным, которая варьируется от 0 до 100, где 100 – идеальная передача цветов. Источники света с высоким индексом цветопередачи (более 90) обеспечивают более реалистичное восприятие цветов, что особенно важно на промышленных предприятиях.

Влияние цветовых характеристик на освещение заключается в следующем:

1. цветовая температура и индекс цветопередачи влияют на эмоциональное восприятие пространства. Теплый свет создает уютную атмосферу, в то время как холодный свет может сделать пространство более функциональным и бодрым;
2. высокий индекс цветопередачи необходим в местах, где требуется точная оценка цветов и высокая функциональность освещения;
3. современные источники света, такие как светодиоды, имеют высокий индекс цветопередачи и высокую энергоэффективность при низком энергопотреблении, что делает их привлекательными для широкого использования.

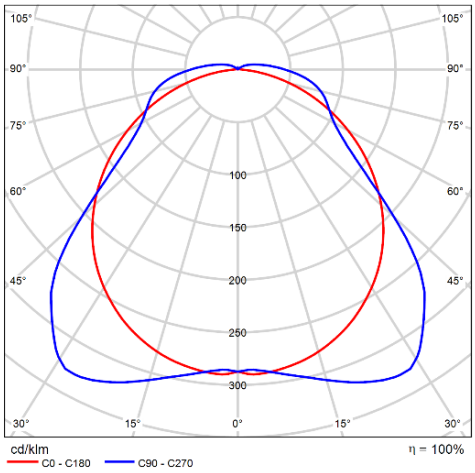
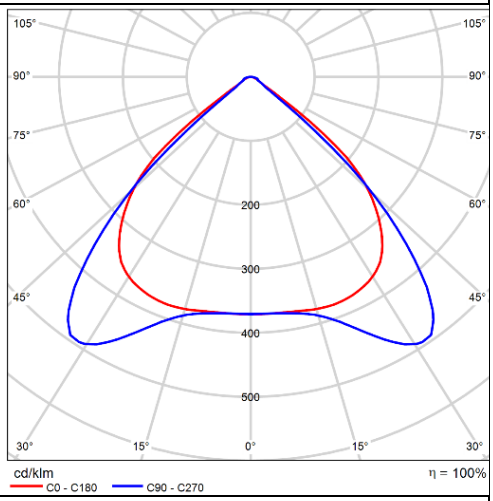
Для промышленных предприятий Республики Беларусь применяются источники света с цветовыми характеристиками, представленными в таблице 1.

Таблица 1. Цветовые характеристики источников света

Тип помещения	Цветовая температура(К)	Индекс цветопередачи	Особенности применения
1	2	3	4
Производственные цеха	4000–5000	Более80	Высокая мощность светильников, равномерное освещение
Зоны точных операций	4000–5000	Более 80	Максимально точная цветопередача для контроля качества
Складные помещения	4000–4500	Более 80	Направленное освещение для экономии энергии
Аварийные зоны	3000–4000	Более 80	Резервное питание, комфортный свет при отключении основного

Одним из крупнейших производителей светотехнической продукции для промышленных предприятий является компания «PHILIPS». Поэтому для анализа цветовых характеристик были выбраны светильникиWT120C G2 LED60S/840 PSU L1500[4] (далееWT120C) и4MX850 491 LED40S/830 PSD WB SI (далее 4MX850) [1]. Данные светильников представлены в таблице 2.

Таблица 2. Технические данные светильниковWT120C и 4MX850

Изображение светильника		
Номинальная мощность, Вт	43	24
Световой поток, лм	6000	4000
Коэффициент мощности	0,9	0,97
Цветовая температура, К	4000	3000
Степень защиты	IP65	IP20
Тип КСС		
Габариты ВхШхГ, мм	76x80x1515	50x63x1478

Для сравнения светильников с разной цветовой температурой использована программа DIALuxevo 13. Расчёт освещенности производится методом линейных изолюкс. Его применяют для проверочных расчетов при определении фактической освещенности рабочей поверхности и сравнении ее с нормированным

значением. На рисунках 1,2 изображена рабочая поверхность с изолюксами, линиями, соединяющими точки с одинаковой освещённостью. Внизу рабочего окна программы (рисунок 1,2) расположена шкала настройки фиктивных цветов, которая позволяет настроить отображение изменением значений границ или числа отображаемых цветов. Комбинация установки диапазона и количества цветов позволяет получить нужное изображение расчетного объекта [3, 4].

В качестве примера промышленного помещения был выбран цех площадью 60 м^2. Согласно СН 2.04.03-2020, нормируемая освещённость для выбранного цеха составляет 400 лк [5]. На рисунке 1 представлен цех с четырьмя установленными светильниками WT120C, цветовая температура– 4000K, средняя освещённость–454 лк.

Рисунок 1 – Результаты светотехнического расчёта цеха сосветильниками WT120C

На рисунке 2 установлено 6 светильников4MX850, цветовая температура – 3000K, средняя освещённость – 421 лк.

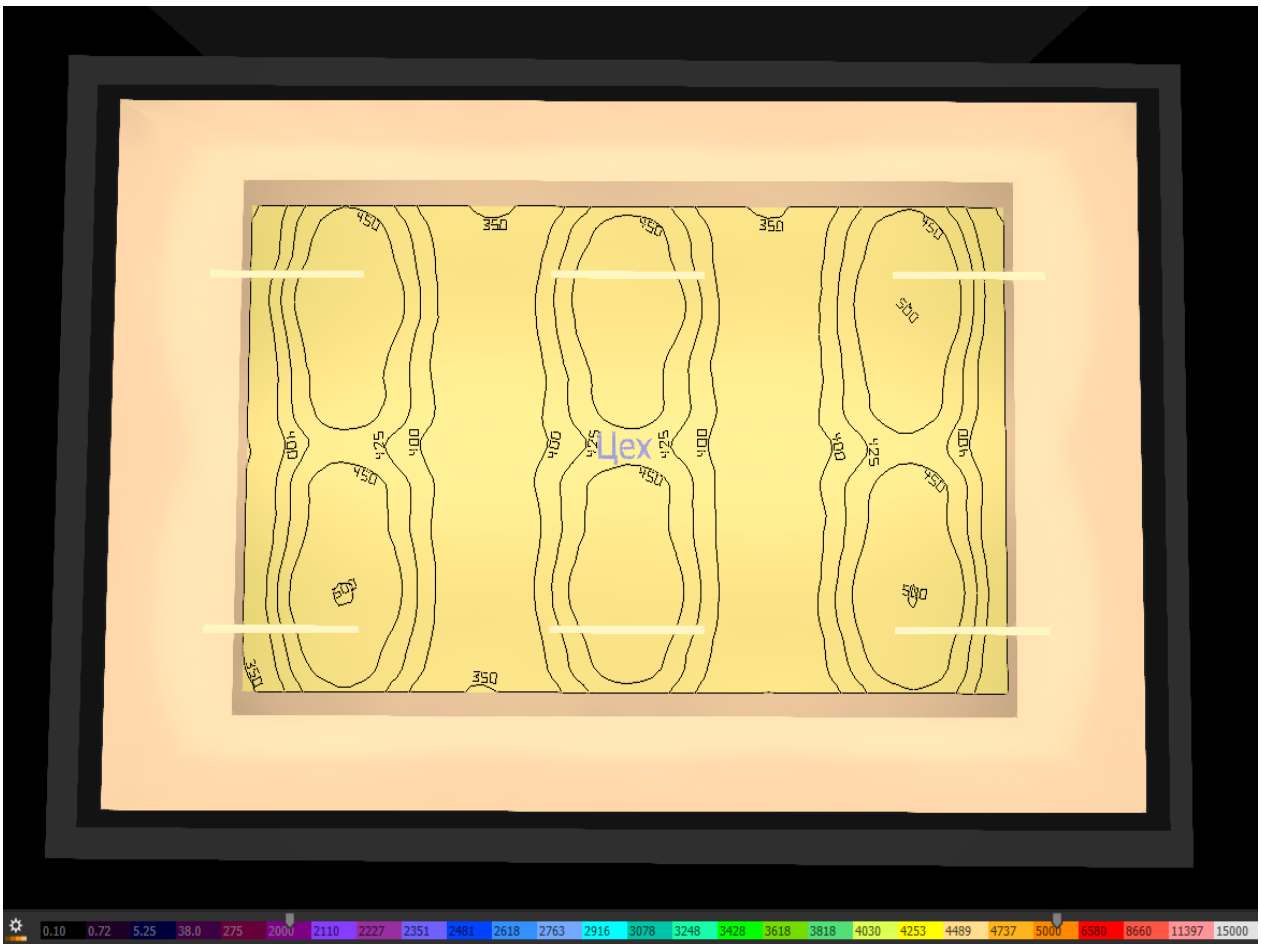


Рисунок 2 –Результаты светотехнического расчёта цехасосветильниками 4MX850

На основании рисунка 1 светильники с цветовой температурой 4000Кизлучают холодный белый свет, который воспринимается как более яркий и нейтральный. Этот свет способствует повышению концентрации и бодрости, что делает его предпочтительным для выполнения точных работ на промышленных предприятиях. Он обеспечивает более четкое и сфокусированное освещение, улучшая визуальное восприятие деталей [5].

На основании рисунка 2, светильники с температурой 3000К излучают теплый белый свет с желтоватым оттенком, создавая уютную и расслабляющую атмосферу, что делает их оптимальными для комнат отдыха рабочего персонала на предприятиях.

Из этого следует, что освещённость цеха с светильниками WT120C с цветовой температурой 4000К является более оптимальной для выполнения высокоточных работ на промышленных предприятиях. Документов, нормирующих цветовую температуру источников света промышленных помещений, в Республике Беларусь не создано.

Заключение

В промышленных помещениях оптимальная цветовая температура освещения находится в диапазоне примерно от 4000 К до 5000 К, что соответствует нейтральному или близкому к естественному белому свету. Такой диапазон обеспечивает комфортное восприятие цветов и деталей, что важно для точности и безопасности труда.

Литература

1. Philips [сайт]. - / Maxos LED, для промышленного сектора – URL: https://www.lighting.philips.ru/prof/indoor-luminaires/trunking/maxos led/910629122626_EU/product– (дата обращения: 20.04.2025)..

2. ЭлектроКабельКомплект [сайт]. - /Особенности освещения промышленных помещений -Режим доступа :https://www.ekk.by/articles/osobennosti-osvecheniya-promyshlennyh-– (дата обращения: 20.04.2025)..

3. FERON [сайт]. - / Цветовая температура и её влияние на освещение: что выбрать для дома и офиса? – URL: https://feron.by/company/articles/165160/– (дата обращения: 20.04.2025).

4. Philips [сайт]. - / CoreLine Waterproof – URL: https://www.lighting.philips.ru/prof/indoor-luminaires/waterproof-and-cleanroom/waterproof-luminaires/coreline-waterproof/LP_CF_WT120C_EU/family– (дата обращения: 20.04.2025).

5. СН 2.04.03-2020 [сайт]. - /Естественное и искусственное освещение. – URL: https://normy.by/tnpa/1/6918.pdf– (дата обращения: 20.04.2025).