

МОДЕЛИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОФИСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ СВЕТОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

*Нефёдов Л.И., Петренко Ю.А., Плугина Т.В., Кононыхин А.С.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

В статье разработаны модели размещения офисного оборудования с учетом световых показателей, что позволит учитывать удобство сотрудников и привести показатели в соответствии с нормами и правилами среды функционирования.

Ключевые слова: офисное оборудование, среда функционирования, освещенность.

Введение. Эффективная организация офиса способствует повышению производительности труда, влияет на эргономические характеристики рабочего процесса, безошибочность, своевременность обработки информации и принятых решений. Эффективность офиса определяет большое количество различных критериев. Одним из таких критериев является расположение рабочих мест, которое должно учитывать удобство сотрудников и соответствовать нормам и правилам по различным показателям среды функционирования.

Актуальность. В настоящее время местом работы многих людей является офис и очень сложно представить рабочее место офисного сотрудника без персонального компьютера и периферийных устройств. Очень часто данная работа характеризуется монотонностью, большой мотивацией значимости своей деятельности, что требует от человека нервно-эмоционального напряжения, внимания и зрения, а также занимает 60-80% рабочего времени. В условиях офиса деятельностью сотрудника, является получение, переработка, отправка информации и принятия решения в системе «человек – техника – среда».

Поэтому фактор освещения оказывается особенно значительным, поскольку до 96% информации об окружающей среде человек получает с помощью зрения. Учитывая большое значение освещения в создании безопасных условий труда, необходимо разработать модели размещения офисного оборудования с учетом конструктивных решений помещений и комплексного использования естественного и искусственного освещения [1].

Выбор цели и постановка задачи. Цель работы – повышение эффективности, комфортности и безопасности работы сотрудников офиса за счет разработки моделей размещения офисного оборудования с учетом световых показателей. Задачу размещения комплекта офисной мебели для функциональных зон можно сформулировать следующим образом. Имея набор офисного оборудования для каждой функциональной зоны, а также результаты оценки среды функционирования по световым показателям, необходимо разместить выбранное оборудование с учетом заданных критериев и ограничений. Для решения рассматриваемой задачи, необходимо проанализировать особенности световых показателей.

Свет представляет собой область видимого спектра электромагнитных излучений, воспринимаемых нашим глазом. Освещение на рабочем месте – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда находится в прямой зависимости от освещения [2, 3].

К вредным факторам световой среды относятся:

- отсутствие или недостаточность естественной освещенности;
- недостаточная искусственная освещенность;
- прямой и отраженный слепящий блеск;
- чрезмерная яркость;
- пульсация освещенности.

Показатели освещенности помещений. Освещенность помещений характеризуется количественными и качественными показателями.

К количественным показателям относятся:

- световой поток F – часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет, измеряется в люменах, лм;
- пространственная плотность светового потока называемая силой света и измеряют в канделах (кд). Она характеризует неравномерность распространения светового потока в пространстве и определяется выражением:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}, \quad (1)$$

где $d\Phi$ – световой поток, исходящий от источника света и распространяющийся равномерно внутри элементарного телесного угла; $d\Omega$ – величина элементарного телесного угла;

- освещенность поверхности E

$$E = \frac{d\Phi}{dS}, \quad (2)$$

где dS – величина поверхности;

– яркость протяженного источника света L определяется отношением силы света в данном направлении dI к поверхности источника, видимой по этому направлению, либо отношением светового потока $d\Phi$ к произведению телесного угла $d\Omega$, внутри которого излучается поток, на видимую поверхность источника света:

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos \varphi} = \frac{d\Phi}{d\Omega d \cdot \cos \varphi}, \quad (3)$$

где dI – сила света в направлении к источнику; φ – угол между нормалью к светящейся поверхности и глазом наблюдателя.

Согласно ГОСТ 50923-95 [4] яркость измеренной поверхности (экран, документ) рассчитывают по формуле

$$\bar{L} = \frac{L_I}{n}, \quad (4)$$

где L_I – значение отсчетов яркости (экрана, документа) в зависимости от силы света I ; n – число отсчетов яркости измеренной поверхности.

Отношение яркостей C , C_1 в зоне наблюдения рассчитывают по формулам:

$$C = \frac{\bar{L}_э}{\bar{L}_д}, \text{ при } L_э > L_д \quad (5)$$

или

$$C_1 = \frac{\bar{L}_д}{\bar{L}_э} \text{ при } L_д > L_э, \quad (6)$$

где $\bar{L}_э$ – яркость экрана; $\bar{L}_д$ – яркость документа.

Значения $\bar{L}_э$ и $\bar{L}_д$ рассчитывают по формуле (4).

Кроме перечисленных выше светотехнических величин используют коэффициент отражения ρ , характеризующий способность поверхностей отражать падающий на них световой поток:

$$\rho = \frac{\Phi_{отр}}{\Phi_{пад}}, \quad (7)$$

где $\Phi_{отр}$ – отраженный от поверхности световой поток; $\Phi_{пад}$ – падающий на поверхность световой поток.

Согласно ГОСТ 50923-95 коэффициент отражений ρ поверхности рассчитывают по формуле

$$\rho = \frac{L_{\Pi} \pi}{E}, \quad (8)$$

где L_{Π} – яркость поверхности; E – освещенность поверхности.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения:

- для потолка – 60-70%;
- для стен – 40-50%;
- для пола – 30%;
- для других поверхностей и рабочей мебели – 30-40%.

К качественным показателям относятся [5]:

- фон;
- контраст объекта с фоном;
- коэффициент пульсации освещенности ;

– показатель ослепленности.

Фон – это поверхность, на которой происходит различение объекта. Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток. В зависимости от цвета и фактуры поверхности значения коэффициента отражения \square находятся в пределах 0,02...0,95.

Контраст объекта с фоном (степень различения объекта и фона) – характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (точки, линии, знака, пятна, трещины, риски или других элементов) и фона:

$$K = \frac{(L_{\phi} - L_o)}{L_{\phi}}, \quad (9)$$

где L_{ϕ} и L_o – соответственно яркость фона и объекта.

Коэффициент пульсации освещенности – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в осветительной установке в результате изменения во времени светового потока источников света при их питании переменным током, выражающийся формулой

$$K_{II} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{cp}} \cdot 100, \quad (10)$$

где E_{\max}, E_{\min} – соответственно максимальное, минимальное значения освещенности за период ее колебания; E_{cp} – среднее значение освещенности за этот же период.

Показатель ослепленности – критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяемый выражением

$$P = (S - 1) \cdot 1000, \quad (11)$$

где S – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения.

Объединенный показатель дискомфорта UGR – общеевропейский критерий оценки дискомфорта блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения, определяемый по формуле

$$UGR = 8 \cdot \lg \left[\frac{0.25}{L_a} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{L_i^2 \cdot \omega_i}{p_i} \right], \quad (12)$$

где L_i – яркость i -го блеского источника; ω_i – угловой размер i -го блеского источника; p_i – индекс позиции i -го блеского источника относительно линии зрения; L_a – яркость адаптации.

Естественное освещение оценивается при помощи коэффициента освещения – Q , рассчитанного для бокового освещения.

Моделі розміщення офісного обладнання з урахуванням светових показателів. Проведя оцінку середовища функціонування офіса по световим показателям перед розміщенням офісного обладнання сформуємо обмеження з урахуванням вимог ергономіки та техніки безпеки.

Розглянемо постановку задачі більш детально. Відомі: площа приміщення S_{Π} ; структура функціональних зон, їх конфігурація та геометричні параметри; для кожної функціональної зони ($\beta = \overline{1, \beta'}$) комплект офісного обладнання, закріпленого за одним робочим місцем, характеризується формою, зайнятою площею S_{γ}^{β} та геометричними розмірами комплекта $M = \{M_{\gamma}\}_{\gamma = \overline{1, \gamma'}}$ [6].

Потрібно розмістити в кожній функціональній зоні $\beta = \overline{1, \beta'}$ робочі місця, визначив їх кількість $N^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma})_{\gamma = \overline{1, \gamma'}}$ та місцезнаходження (x_{γ}, y_{γ}) по наступним частиним критеріям кожної зони:

– максимальний коефіцієнт природного освітлення та освітленості робочих місць:

$$Q^{\beta} = \max_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} \min_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} Q^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}), \beta = \overline{1, \beta'}, \quad (13)$$

$$E^{\beta} = \max_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} \min_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} E^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}), \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (14)$$

– мінімальні значення об'єднаного показателя дискомфорту UGR та коефіцієнта пульсації освітленості:

$$UGR^{\beta} = \min_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} UGR^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}), \beta = \overline{1, \beta'}, \quad (15)$$

$$K_{\Pi}^{\beta} = \min_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} K_{\Pi}^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}), \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (16)$$

– максимальний коефіцієнт заповнення функціональних зон:

$$\mu^{\beta} = \max_{\gamma = \overline{1, \gamma'}} \frac{N^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}) \cdot S_{\gamma}^{\beta}}{S_{\Pi}}, \beta = \overline{1, \beta'}. \quad (17)$$

Область допустимих рішень визначається наступними обмеженнями:

– сумарна площа розміщуваної мебелі в кожній з функціональних зон по санітарним вимогам повинна бути не більше заданої площі $S^{\beta} (\beta = \overline{1, \beta'})$:

$$N^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma}) S_{\gamma}^{\beta} \leq S^{\beta}, \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (18)$$

– суммарная площадь функциональных зон $S^\beta (\beta = \overline{1, \beta'})$ должна быть не более заданной площади помещения S_Π :

$$\sum_{\beta=1}^{\beta'} S^\beta \leq S_\Pi ; \quad (19)$$

– коэффициент естественного освещения и освещенность должны быть не менее заданного для каждой функциональной зоны $Q_{\text{зад}}^\beta, E_{\text{зад}}^\beta$:

$$Q^\beta(x_\gamma, y_\gamma) \geq Q_{\text{зад}}^\beta, E^\beta(x_\gamma, y_\gamma) \geq E_{\text{зад}}^\beta, \gamma = \overline{1, \gamma'}, \beta = \overline{1, \beta'} ; \quad (20)$$

– значения объединенного показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации освещенности должны не превышать нормированных $K_{\Pi \text{норм}}^\beta, UGR_{\text{норм}}^\beta$:

$$UGR^\beta(x_\gamma, y_\gamma) \leq UGR_{\text{норм}}^\beta, K_{\Pi}^\beta(x_\gamma, y_\gamma) \leq K_{\Pi \text{норм}}^\beta, \gamma = \overline{1, \gamma'}, \beta = \overline{1, \beta'} . \quad (21)$$

Приведенная обобщенная математическая модель (15)-(21) относится к классу многокритериальных задач размещения геометрических объектов произвольной формы в областях прямоугольной геометрической формы.

Выводы. Таким образом, предложенные модели размещения офисного оборудования позволят в отличие от известных комплексно подходить к решению задачи размещения рабочих мест с учетом световых показателей, что позволяет повысить безопасность, производительность труда и комфортность среды функционирования офиса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рабіч О. В. Поліпшення умов праці на постійних робочих місцях за фактором освітлення : автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук : спец. 05.26.01 – «Охорона праці» / О. В. Рабіч. – Дніпропетровськ, 2004. – 20 с.
2. Ключкова Е. А. Охрана труда на железнодорожном транспорте : учебник для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / Е. А. Ключкова – М. : Маршрут, 2004. – 412 с.
3. Экология и безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие для вузов / [Д. А. Кривошеин, Л. А. Муравей, Н. Н. Роева и др.] ; Под ред. Л. А. Муравья. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.
4. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования к производственной среде. Методы измерения : ГОСТ 50923-95 – ГОСТ 50923-95. – [Дата введения 1997-07-01]. – М. : Росстандарт, 1996. – 11 с. – (Государственный стандарт Российской Федерации).
5. Естественное и искусственное освещение : СП 52.13330.2011 – СП 52.13330.2011. – [Дата введения 2011-05-20]. – М. : Росстандарт, 2011. – 75 с. – (Государственный стандарт Российской Федерации).

6. Модели и методы синтеза офисов по управлению программами и проектами: монография / [Л. И. Нефёдов, Ю. А. Петренко, Т. В. Плугина и др.] – Х. : ХНАДУ, 2010. – 344 с.

Нефьодов Л.І., Петренко Ю.А., Плугина Т.В., Кононіхин А.С. МОДЕЛІ РОЗМІЩЕННЯ ОФІСНОГО ОБЛАДНАННЯ З УРАХУВАННЯМ СВІТЛОВИХ ПОКАЗНИКІВ

У статті розроблені моделі розміщення офісного обладнання з урахуванням світлових показників, що дозволяє враховувати зручність для співробітників та привести показники у відповідність до норм та правил середовища функціонування.

Ключові слова: офісне обладнання, середовище функціонування, освітленість.

Nefiodov L.I., Petrenko Iu.A., Plugina T.V., Kononykhin A.S. MODELS OF PLACEMENT OF OFFICE EQUIPMENT WITH ACCOUNT OF LIGHT INDICATORS

The paper developed a model placement office equipment including light indicators, which will take into account the convenience of the staff and lead indicators in accordance with the rules and regulations of the operating environment.

Keywords: office equipment, operating environment, the illumination.