

МОДЕЛЬ РАЗМЕЩЕНИЯ РАБОЧИХ МЕСТ В ОФИСЕ

Л. И. Нефёдов

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой*

Ю. А. Петренко

Кандидат технических наук, доцент*

E-mail: UA_Petrenko@mail.ru

А. С. Кононыхин

Ассистент*

E-mail: alex_kononykhin@mail.ru

Д. А. Маркозов

Кандидат технических наук, доцент*

*Кафедра автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий

Харьковский Национальный автомобильно-

дорожный университет

ул. Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002

У статті розглядаються питання правильно-го планування робочого простору і раціонального розміщення робочих місць на ньому. Розроблена модель розміщення робочих місць офісу, яка дозволить комплексно підходити до вирішення задачі розміщення робочих місць з урахуванням критеріїв оцінки якості, комфорту і безпеки та збільшити продуктивність праці. Застосування розробленої моделі дозволить підвищити ефективність проектування простору офісу

Ключові слова: функціональна зона, природне освітлення, електромагнітні випромінювання, робоче місце, офіс

В статье рассматриваются вопросы правильного планирования рабочего пространства и рационального размещения рабочих мест на нем. Разработана модель размещения рабочих мест офиса, которая позволит комплексно подходить к решению задачи размещения рабочих мест с учетом критериев оценки качества, комфорта и безопасности и повысит производительность труда. Применение разработанной модели позволит повысить эффективность проектирования пространства офиса

Ключевые слова: функциональная зона, естественное освещение, электромагнитные излучения, рабочее место, офис

1. Введение

Вопрос оптимальной организации труда очень важен в наши дни. Комфорт офисного пространства во многом определяет эргономика рабочего места, а также рациональное планирование функциональной зоны в целом.

Это предполагает выделение для каждого сотрудника такой ее части, которая будет способствовать индивидуальной эффективной работе и взаимодействию. Правильное планирование рабочего пространства и рациональное размещение рабочих мест на этом пространстве необходимы, так как в ходе совместной работы все сотрудники офиса должны находиться в постоянном контакте.

2. Актуальность

Проблема научной организации труда включает в себя изучение воздействий всего многообразия факторов на труд персонала, рациональную расстановку и планировку рабочих мест с учетом условий, влияющих на здоровье сотрудников. В данном случае под рациональным размещением рабочих мест и мебели, следует понимать такое, которое способствует устранению потерь времени, связанного с лишними передвижениями и обеспечивает экономное использование площади помещений. Эффективная организация размещения рабочих мест в офисе способствует повышению производительности труда, а также окажет

влияние на эргономические характеристики рабочего процесса, повышение безошибочности, сокращение времени обработки информации и принятия решений. Размещение рабочих мест предполагает сопоставление их функциональных характеристик и параметров, которые должны обеспечить эффективный технологический процесс, с требованиями, предъявляемыми к комфортности пространственной организации проектируемого офиса.

Правильное определение и обеспечение выполнения требований, влияющих на условия работы, делают труд более производительным, снижают утомляемость, уменьшают травматизм и профессиональные заболевания. Особое внимание необходимо уделить факторам, создаваемым электромагнитными излучениями (ЭМИ) оптического (естественное освещение, инсоляция, инфракрасное излучение) и радиоволнового диапазона (уровень электромагнитных полей (ЭМП)). Неотъемлемой частью любого производственного процесса офиса является наличие персональных компьютеров (ПК), что предъявляет особые требования к уровням освещенности и электромагнитных полей.

3. Анализ публикаций

Учитывая важность проблемы организации труда в офисах различных предприятий, анализу различных вопросов данной задачи посвящены работы многих ученых [1 – 7].

Однако анализ публикаций показал, что в существующей научной литературе модели размещения рабочих мест в офисе рассматриваются по отдельным критериям. В связи с чем возникает проблема размещения рабочих мест по многим факторам одновременно.

4. Выбор цели и постановка задачи

Цель работы - повышение эффективности, проектирования пространства офиса за счет разработки модели размещения рабочих мест в офисе.

Таким образом, возникает задача разбить площадь помещения офиса на функциональные зоны и заполнить их рабочими местами таким образом, чтобы их разместилось наибольшее количество, при этом необходимо учитывать требования, предъявляемые к ним. Для решения рассматриваемой задачи, необходимо разместить геометрические объекты произвольной формы в областях прямоугольной геометрической формы.

Задача размещения функциональных зон решается с учетом конфигурации помещения. Основным критерием при определении площади функциональных зон и их размещении является предполагаемое количество рабочих мест. Исходя из нормативной площади, которая приходится на одно функциональное рабочее место, рассчитывается площадь зоны. Размещение функциональных зон определяется спецификой предполагаемой работы. Проектируемые помещения в основном прямоугольной формы или легко разбиваются на прямоугольники, что позволяет выделить функциональные зоны в соответствии с общей конфигурацией, и обеспечить необходимое свободное пространство вокруг выбранных размещаемых рабочих мест.

5. Критерии оценки качества, комфорта и безопасности размещения рабочих мест

Качество заполнения площади офиса может быть оценено при помощи критерия плотного размещения. Также необходимо учесть критерии комфортности и безопасности рабочей среды.

Внутреннее пространство офиса должно быть обеспечено достаточным освещением, при этом необходимо предотвратить блёккость путем регулирования светового контраста и отражений света за счет эффективного размещения рабочих мест и выбора интерьера помещения.

Из-за изменения естественной освещенности в течение дня и года, в наиболее темных местах помещения освещение иногда бывает ниже необходимого уровня.

Согласно санитарным нормам и правилам для расчета естественной освещенности в помещении применяется коэффициент естественного освещения (КЕО).

Существуют несколько факторов, влияющих на уровень естественного освещения в расчетной точке помещения. Их можно подразделить на внешние и внутренние. К внешним относятся те факторы, которые зависят от климата местности, где расположено

здание, широты и топографии местности, облачности, высоты над уровнем моря, загрязнения воздуха и т. д. Внутренние факторы зависят от размеров и ориентации окон и их характеристик (переплеты, остекление, загрязнение), отражения от внутренних поверхностей и вида зрительной работы для данного помещения. Чтобы получить необходимые показатели освещения, следует учитывать все эти особенности.

Так же важным критерием размещения рабочих мест является уровень ЭМП на рабочем месте, создаваемый различными электроприборами и кабелями электропитания.

Начиная от источника излучения всю область распространения электромагнитных волн принято условно разделять на три зоны: ближнюю, промежуточную и дальнюю. Радиус ближней зоны приблизительно составляет $1/6$ волны от источника излучения, а дальняя зона начинается на расстоянии, равном примерно 6 длинам волн; промежуточная зона находится между ними.

Санитарные нормы и правила нормируют предельно допустимые уровни электрической и магнитной напряженности, а также плотность потока энергии.

При решении поставленной задачи необходимо учитывать:

- каждый сотрудник офиса должен иметь возможность свободного подхода к своему рабочему месту или оборудованию коллективного пользования. Для обеспечения данного положения при размещении рабочих мест необходимо учитывать основные размеры проходов и другие расстояния в служебных помещениях;
- структурные подразделения и отдельные работники, постоянно контактирующие в работе, должны располагаться как можно ближе друг к другу;
- рабочие столы лучше всего располагать перпендикулярно линии окон, чтобы свет падал лучше слева (справа также допустимо);
- рабочие столы не следует размещать вблизи приборов отопления, чтобы устранить неблагоприятное воздействие на работающих теплового излучения.
- оборудование коллективного пользования должны быть в легкодоступном месте.

6. Модель размещения рабочих мест в офисе

Пусть известна площадь прямоугольного помещения S и его геометрические параметры Q ; структура функциональных зон, их конфигурация и геометрические параметры \overline{Q}^β ; для каждой функциональной зоны $(\beta = \overline{1, \beta})$ комплект офисного оборудования Q_γ^β , закрепленного за одним рабочим местом, характеризуемый формой, занимаемой площадью S_γ^β и геометрическими размерами комплекта $M = \{M_\gamma\}$ ($\gamma = \overline{1, \gamma}$). Рабочие места одной функциональной зоны размещаются однорядно соответственно на прямоугольных полосах $(\beta = \overline{1, 2, \dots, n})$ [8 – 9].

Возникает следующая задача: площадь помещения S необходимо разбить на функциональные зоны $(\beta = \overline{1, \beta})$ с геометрическими параметрами \overline{Q}^β и площадью S^β и заполнить их рабочими

местами с геометрическими размерами каждого комплекта $M = \{M_\gamma\}$ ($\gamma = \overline{1, \gamma'}$), определив их количество N_γ^β ($\gamma = \overline{1, \gamma'}$) и координаты местоположения (x_γ, y_γ) с учетом частных критериев оценки качества, комфорта и безопасности размещения рабочих мест для каждой функциональной зоны.

При размещении необходимо учитывать следующие частные критерии для функциональных зон:

– максиминный коэффициент естественного освещения рабочих мест на рабочей поверхности:

$$e^\beta = \max \min_{\gamma=\overline{1, \gamma'}} e_{\gamma}^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma); \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (1)$$

– минимаксные значения уровней электрической и магнитной напряженности, плотности потока энергии:

$$E^\beta = \min \max_{\gamma=\overline{1, \gamma'}} E_{\gamma}^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma); \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (2)$$

$$H^\beta = \min \max_{\gamma=\overline{1, \gamma'}} H_{\gamma}^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma); \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (3)$$

$$\text{ППЭ}^\beta = \min \max_{\gamma=\overline{1, \gamma'}} \text{ППЭ}_{\gamma}^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma); \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (4)$$

– максимальный коэффициент плотности размещения рабочих мест в функциональных зонах и на общей площади в целом:

$$\text{КПР}_\beta = \max \frac{N^\beta(x_\gamma, y_\gamma) \cdot S_\gamma^\beta}{S^\beta}; \beta = \overline{1, \beta'}; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \quad (5)$$

– максиминное расстояние от кабельных сетей электропитания

$$R_p^\beta = \max \min_{\gamma=\overline{1, \gamma'}} R_{p, \gamma}^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma); \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (6)$$

– максиминное расстояние от приборов отопления

$$R_{\text{он}}^\beta = \max \min_{\gamma=\overline{1, \gamma'}} R_{\text{он}, \gamma}^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma); \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (7)$$

– минимаксное расстояние рабочих мест от оборудования общего пользования

$$R_{\text{об}}^\beta = \min \max_{\gamma=\overline{1, \gamma'}} R_{\text{об}, \gamma}^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma); \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (8)$$

Область допустимых решений определяется следующими ограничениями:

– площадь для одного рабочего места не должна быть менее нормативной $S_{\text{норм}}$,

$$S_\gamma \geq S_{\text{норм}}; \quad (9)$$

– суммарная площадь размещаемых комплектов мебели в каждой из функциональных зон по санитарным требованиям должна быть не более заданной площади S^β ($\beta = \overline{1, \beta'}$):

$$N^\beta(x_\gamma, y_\gamma) S_\gamma^\beta \leq S^\beta, \beta = \overline{1, \beta'}, \gamma = \overline{1, \gamma'}; \quad (10)$$

– коэффициент естественного освещения должен быть не менее заданного значения для каждой функциональной зоны $5_{\text{зад}}^\beta$:

$$5^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma) \geq 5_{\text{зад}}^\beta, \gamma = \overline{1, \gamma'}, \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (11)$$

– значения уровней электрической и магнитной напряженности, плотности потока энергии должны не превышать нормативных $E_{\text{норм}}^\beta, H_{\text{норм}}^\beta, \text{ППЭ}_{\text{норм}}^\beta$:

$$E^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma) \leq E_{\text{норм}}^\beta; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (12)$$

$$H^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma) \leq H_{\text{норм}}^\beta; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (13)$$

$$\text{ППЭ}^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma) \leq \text{ППЭ}_{\text{норм}}^\beta; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (14)$$

– значение расстояния рабочих мест до кабельных сетей электропитания должно быть не менее допустимого $R_{\text{рди}}^\beta$

$$R_p^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma) \geq R_{\text{рди}}^\beta; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (15)$$

– значение расстояния рабочих мест до приборов отопления должно быть не менее допустимого $R_{\text{ондоп}}^\beta$

$$R_{\text{он}}^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma) \geq R_{\text{ондоп}}^\beta; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (16)$$

– значение расстояния рабочих мест до оборудования общего пользования должно не превышать заданного значения $R_{\text{обзад}}^\beta$

$$R_{\text{об}}^\beta(x_\gamma, y_\gamma, z_\gamma) \leq R_{\text{обзад}}^\beta; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (17)$$

– условия принадлежности рабочих мест Q_γ^β своей функциональной зоне

$$\bigcup_{\gamma=1}^{\gamma'} Q_\gamma^\beta \in L_\beta; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (18)$$

– условия взаимного непересечения рабочих мест Q_γ^β и Q_ρ^β для каждой функциональной зоны

$$Q_\rho^\beta \cap Q_\gamma^\beta = \emptyset; \rho, \gamma = \overline{1, \gamma'}; \beta = \overline{1, \beta'}; \quad (19)$$

где \emptyset – пустое множество.

Если площадь помещения заполняется рабочими местами только одного вида рядами или по периметру, то в таких случаях для расчета их количества можно применить следующие выражения [10]:

$$N_b^\gamma = N_b \left[\frac{b - h_\gamma(\frac{\pi}{2}) - h_\gamma(\frac{3\pi}{2}) + f_\gamma(\frac{\pi}{2})}{f_\gamma(\frac{\pi}{2})} \right]; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \quad (20)$$

$$N_a^\gamma = N_a \left[\frac{a - h_\gamma(0) - h_\gamma(\pi) + f_\gamma(0)}{f_\gamma(0)} \right]; \gamma = \overline{1, \gamma'}; \quad (21)$$

где N_a^γ, N_b^γ – количество рабочих мест γ -ого вида, параллельных сторонам a или b соответственно;

a и b - геометрические размеры помещения;

N_a, N_b , - целая часть выражения в квадратных скобках;

h_γ - опорная функция объекта для одного рабочего места при заданной ориентации.

f_γ - функция плотного размещения подобно расположенных рабочих мест при заданной ориентации.

Данные выражения позволят рассмотреть размещение, с учетом того, что рабочие зоны будут соприкасаться друг с другом без двойных наложений.

Поэтому при проектировании необходимо учесть нормативные расстояния для проходов между стенами, отопительными приборами, свободный доступ к оборудованию, пространство для разведения проводов, сетей, доступ к окнам и другим элементам помещения.

Незанятую часть помещения можно заполнить оборудованием общего пользования или раздвинуть рабочие зоны на равные расстояния.

Ориентация рабочих мест осуществляется таким образом, чтобы мониторы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, а естественный свет падал преимущественно слева.

В случаях, когда рабочие места имеют различные формы и геометрические размеры наиболее рационально применение метода последовательно-одиноч-

ного размещения [11]. Суть данного метода заключается в следующем – все рабочие места размещаются последовательно по одному. Ранее размещенные рабочие считаются неподвижными, т.е. их параметры размещения имеют вполне определенные фиксированные значения. Каждое рабочее место размещается так, чтобы из всех его возможных положений было выбрано такое, при котором выполняются требования всех ограничений. Итерации выполняются до тех пор пока обобщенная оценка рассматриваемого варианта по всем критериям будет лучше, чем у предыдущего варианта. Тогда последний вариант будет рациональным, в противном случае проводится проверка последующих вариантов до получения лучшего.

7. Выводы

Таким образом, предложенная модель размещения рабочих мест офиса позволит комплексно подходить к решению задачи размещения рабочих мест с учетом критериев оценки качества, комфорта и безопасности. Программная реализация данной модели позволит повысить безопасность, производительность труда и комфортность среды функционирования офиса.

Литература

1. Russell, D.O. Possible health risk of radiofrequency exposure from mobile telephones [Текст] / D.O. Russell // *Epidemiology*. – 2000. – Vol. 11(2). – С. 99 – 100.
2. Johansen, C. Exposure to electromagnetic fields and risk of central nervous system disease in utility workers [Текст] / C. Johansen // *Epidemiology*. – 2000. – Vol. 11(5). – P. 539–543.
3. Hietanen, M. Human brain activity during exposure to radiofrequency fields emitted by cellular phones [Текст] / M. Hietanen, T.Kovala, M. Hamalainen // *Scand J. Work. Environ Health*. – 2000. – №26. – С. 86–92.
4. Tregenza, P. Mean Daylight Illuminance in Rooms Facing Sunlit Streets [Текст] / P. Tregenza // *Building and Environment*. – 1995. – Vol. 30(1). – С.83–89.
5. Cuttle, C. Sumpner's principle: A discussion [Текст] / C. Cuttle // *Lighting Research & Technology*. – 1991. – № 23(2). – С.99–106.
6. Christopher, M. S. *Industrial Engineering and Ergonomics* [Текст] / M.S. Christopher – Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2009. – 116 с.
7. King, R.W.P. The electromagnetic field of a horizontal electric dipole in the presence of a three-layered region Supplement [Текст] / R.W.P. King // *J. Appl. Phys.* – 1993. – V. 74(8). – P. 4845–4848.
8. Модели и методы синтеза офисов по управлению программами и проектами: монография [Текст] / [Л.И.Нефёдов, Ю.А.Петренко, Т.В.Плугина и др.] – X.: ХНАДУ, 2010: – 344 с.
9. Нефёдов, Л. Багатоетапна математична модель підтримки прийняття рішень в умовах стохастичного попиту / Леонід Нефёдов, Дмитро Маркозов // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2010. – Т. 5, N 7(47). – С. 4-6. – Режим доступу: URL: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/3204>.
10. Стоян, Ю.Г. Размещение геометрических объектов [Текст] / Ю.Г. Стоян – К.: Наукова думка, 1975 – 235 с.
11. Стоян, Ю.Г. Методы и алгоритмы размещения плоских геометрических объектов [Текст] / Ю.Г. Стоян, Н.И. Гиль – Киев: Наукова думка, 1976. – 247с.