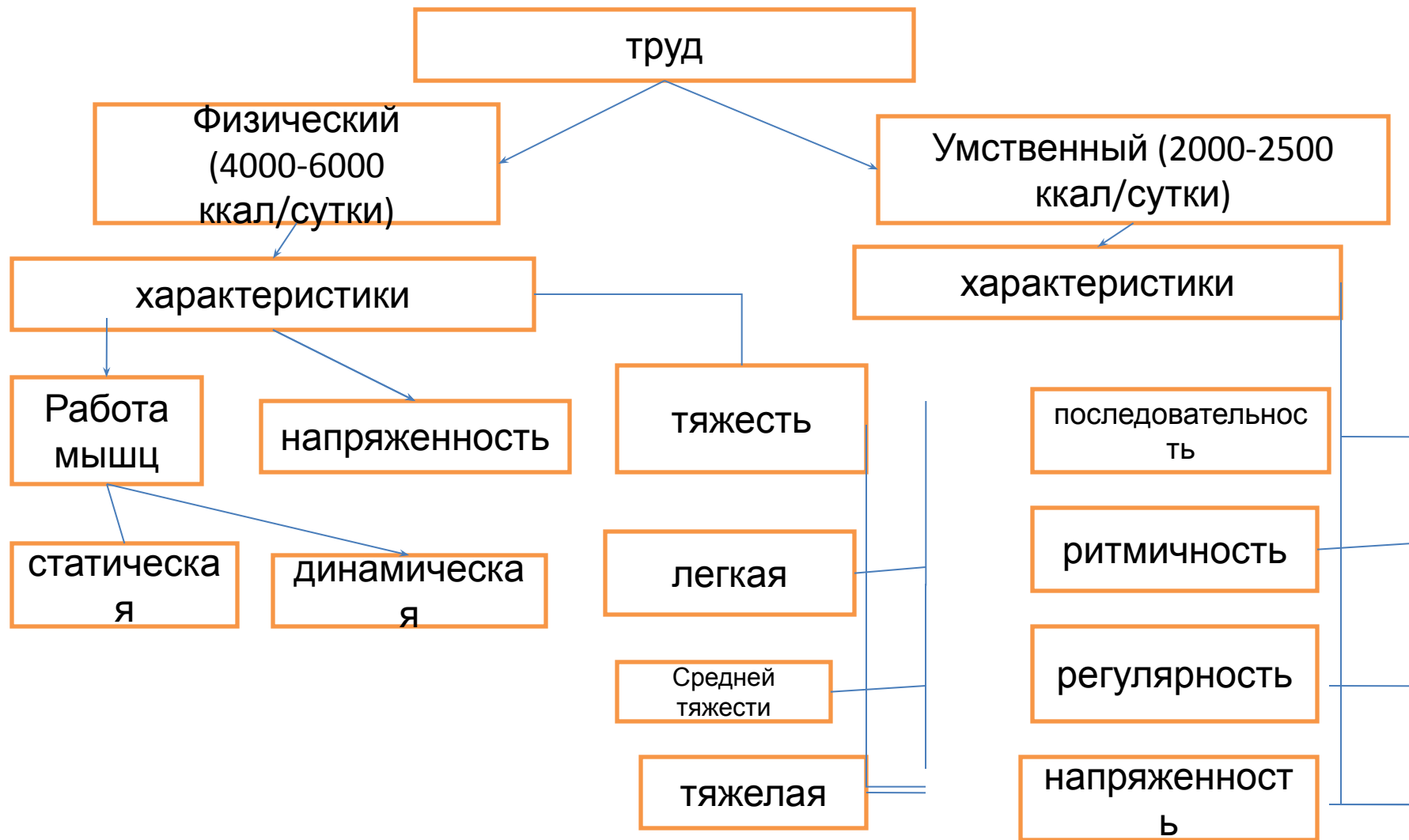


Физиология труда и комфортные условия жизнедеятельности человека

Вопросы:

1. Виды труда и его характеристики
2. Принципы классификации условий труда
3. Характеристики умственного труда
4. Микроклимат производственного помещения
5. Системы обеспечения параметров микроклимата и благополучной среды (отопление, вентиляция, кондиционирование)
6. Требования к освещению и основы светотехники

Виды труда и их характеристики



Характеристики труда

1) Тяжесть-нагрузка на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма

Показатели:

- Физическая динамическая нагрузка (произведение массы груза и расстояние перемещения), кг*м
- Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг
- Статическая нагрузка (произведение массы поднимаемого груза на время его удержания) кг*с,
- Перемещение тела в пространстве (ходьба, бег), км
- Стереотипные рабочие движения (количество в смену)
- Наклоны корпуса (количество за смену), * Рабочая поза (неудобное положение тела)

Категории работ по уровню тяжести (по энергозатратам Е, Вт):

категория	Характеристика работ	Е, Вт
I а	Легкие физические работы : производятся стоя, сидя, при ходьбе с легкими физическими нагрузками	До 139
I б		140-174
II а	Физические работы средней тяжести: производятся при ходьбе, перемещение тяжести 1-10 кг при умеренных физических нагрузках	175-232
II б		233-290
III	Тяжелые работы: постоянное перемещение груза массой более 10 кг при значительных физических нагрузках	Более 290

2) Напряженность труда –нагрузка на центральную нервную систему

- Интеллектуальная нагрузка
- Сенсорная нагрузка
- Монотонность работы и ее режим

Классы условий труда

Класс	Название	Характеристика условий труда (тяжесть труда и влияние негативных факторов)
1	Оптимальные	Сохраняются здоровье и работоспособность. Устанавливаются: нормативы микроклимата, показатели тяжести труда (легкая физическая нагрузка). Неблагоприятные воздействия отсутствуют либо не превышают установленных нормативов для населения.
2	Допустимые (условно безопасные)	Не превышаются установленные нормативы вредных воздействий, показателей допустимой физической нагрузки (средняя тяжесть). Возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха и не сказываются на состоянии здоровья в ближайшем и отдаленном будущем.
3	Вредные	Тяжелая физическая нагрузка. Имеются факторы негативного воздействия, превышающие гигиенические нормативы:
3.1	1-я степень вредности	Превышение норм вызывают изменения, которые легко восстанавливаются (к началу следующей смены)
3.2	2-я степень вредности	Превышение норм приводит к стойким изменениям, проявляющимся в повышенной заболеваемости и проявлениям профессиональных болезней при больших дозах
3.3	3-я степень вредности	Развитие легкой и средней тяжести профессиональных болезней с частичной потерей трудоспособности и рост хронической патологии
3.4	4-я степень вредности	Высокий уровень общей заболеваемости с временной утратой трудоспособности, тяжелые формы профессиональных болезней
4	Опасные (экстремальные)	Превышение нормативов создает угрозу для жизни, высокий риск профессиональной патологии.

Классы условий труда и загрязненность воздуха рабочей зоны (превышение ПДК, раз)

Вредные вещества	Класс условий труда					
	допустимый	вредный				опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Вещества 1-2 класса опасности, за исключением следующих ниже	<ПДК	1.1-3.0	3.1-6.0	6.1-10.0	10.1-20.0	>20
Вещества 3-4 класса опасности, за исключением следующих ниже	<ПДК	1.1-3.0	3.1-10.0	>10		
Вещества , опасные для острого отравления и раздражающего действия	<ПДК	1.1-2.0	2.1-4.0	4.1-6.0	6.1-10.0	>10
канцерогены	<ПДК	1.1-3.0	3.1-6.0	6.1-10.0	>10	
аллергены	<ПДК		1.1-3.0	3.1-10.0	>10	

Классы условий труда и пылевая нагрузка

Пылевая нагрузка (ПН)-реальная или прогнозная величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую организм получает за время контакта

$$ПН = C \times N \times T \times Q, \text{ где}$$

C-фактическая среднесменная концентрация пыли на рабочем месте, мг/м³

N-число рабочих смен в календарном году,

T-количество лет контакта,

Q -объем легочной вентиляции за смену, м³ (в покое 7-8 л/мин, при работе 100-150 л/мин)

Категория работ	Q, М ³ /СМЕНУ
I а- Iб	4
IIа- IIб	7
III	10

Контрольная пылевая нагрузка (КПН): $КПН = ПДК \times N \times T \times Q$

Показатель	Класс условий труда				
	допустимый	вредный			
		2	3.1	3.2	3.3
Концентрация пыли	<ПДК	1,1-2,0	2,1-5,0	5,1-10,0	>10
ПН, за исключением следующей ниже	<КПН	1,1-2,0	2,1-5,0	5,1-10,0	>10
ПН для пылей с ПДК <1 мг/м ³ и асбестосодержащих	<КПН	1,1-1,5	1,6-3,0	3,1-5,0	>5

Характеристики нагрузки умственного труда (инженерная психология)

Показатели нагрузки:

- Содержание работы (степень сложности)- анализ информации, обработка данных, обобщение, принятие решений)
- Восприятие информации (сигналов)
- Степень ответственности за результат
- Характер, режим работы (затраченное время на результат)

Характеристики сенсорной нагрузки:

- Длительность (сосредоточенность наблюдения)
- Плотность сигналов (в единицу времени)
- Число объектов наблюдения
- Нагрузка на зрительный аппарат (время наблюдения, % в смену)
- Нагрузка на слуховой аппарат (в среднем за 1 час)
- Нагрузка на голосовой аппарат (количество часов в неделю)

Характеристики монотонности

- Многократно повторяющиеся операции
- Время активных действий
- Время простых операций
- Монотонность производственной обстановки (пульт)

Характеристик режима работы

- Фактическая продолжительность работы
- Сменность
- Наличие регламентированных перерывов

Микроклимат производственного помещения

1. Тепловое равновесие организма



Интенсивность теплообмена зависит от:

- 1) градиента температур тела и ОС
- 2) влажности воздуха (высокая влажность воздуха с низкой t -повышает скорость теплообмена, с высокой t -уменьшает, низкая влажность воздуха с высокой температурой повышает теплообмен за счет испарения пота)
- 3) скорости движения воздуха

Предельные значения температуры тела в состоянии покоя при нарушении теплового баланса $31\text{ C} < t < 40\text{ C}$

2) Микроклимат- показатели состояния окружающей среды (температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение):

- Нагревающий (накопление тепла в организме более $0,87\text{ кДж/кг}$ или потери испарением более 30% в общем тепловом балансе). Ощущение: тепло, жарко
- Охлаждающий- показатели среды приводят к дефициту тепла (менее $0,87\text{ кДж/кг}$)

Интегральный показатель микроклимата: ТСН- индекс (тепловая нагрузка среды)

$ТСН = 0,7 t_{вл} + 0,3 t_{чш}$, где $t_{вл}$, $t_{чш}$ - температуры влажного термометра и внутри черного шара

Рекомендуемые значения ТСН (при скорости воздуха менее $0,6\text{ м/с}$ и тепловом облучении менее 1200 Вт/м^2)

Категория работ	Допустимое значение ТСН, С
Ia	22,2-25,4
Iб	21,5-25,8
IIa	20,5-25,1
IIб	19,5-23,9
III	18,0-21,8

Оптимальные нормы микроклимата в рабочем помещении

Сезон года	Категория работ	Температура воздуха, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный период	Ia	22-24	40-60	0.1
	Iб	21-23		0,1
	IIa	18-20		0,2
	IIб	17-19		0,2
	III	16-18		0,3
Теплый период	Ia	23-25	40-60	0,1
	Iб	22-24		0,2
	IIa	21-23		0,3
	IIб	20-22		0,3
	III	18-20		0,4

Способы обеспечения комфортного микроклимата

Отопление:

Тип нагрева	Преимущества	Недостатки
Водяное	высокая эффективность, невысокая температура	Материалоемкость оборудования, инерционность регулирования, риск замораживания
Паровое	Быстрый нагрев, малое гидравлическое сопротивление	Высокая температура нагревателя, повышенная коррозия
Электрическое	Высокий кпд, автоматизация, малые затраты	Пожароопасность и электроопасность, затраты на эл. энергию
Газовоздушное	Высокий кпд, малые затраты	Пожароопасность

Принцип расчета (определение нагреваемой поверхности):

$$F_n = (Q_{\text{выд}} - Q_{\text{пот}}) \cdot \beta_{\text{вст}} / k_{\text{пр}}(t_{\text{т}} - t_{\text{в}}), \text{ где}$$

F_n - поверхность нагревательных приборов, м²

$Q_{\text{пот}}$ - суммарные потери тепла в помещении, Вт

$Q_{\text{выд}}$ - выделенное тепло (оборудование, люди, приборы), Вт

$\beta_{\text{вст}}$ - коэффициент остывания теплоносителя в трубопроводах

$k_{\text{пр}}$ - коэффициент теплопередачи в нагревательном приборе, Вт/м²град

$t_{\text{т}}$ - температура нагревателя

$t_{\text{в}}$ - нормируемая температура воздуха в помещении

Потери тепла $Q_{\text{пот}} = \sum K_{\text{тепл}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) S$, где

$K_{\text{тепл}}$ - коэффициент теплопередачи перегородки (стена, окно и т.п.), Вт/м² град,

S - площадь перегородки, м²,

$t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ - температуры воздуха внутри и снаружи помещения

Устройство воздухообмена. Вентиляция и принцип расчета

Воздухообмен-средство создания благополучной и безопасной атмосферы в помещении

Воздухообмен:

- Естественный (аэрация) Обусловлен ветровым напором (разность давления воздуха внутри и вне здания) и тепловым напором (разность давлений за счет перепада температур - конвекция)
- Принудительный (вентиляция)

Расчет естественной вентиляции:

Исходные данные: 1) нормы температуры и влажности воздуха в помещении 2) кратность воздухообмена 3) значения ПДКр.з. вредных веществ, пылевая нагрузка (КПН)

1. Определяем необходимое суммарное количество воздуха $L = \sum L_i$ (м³), потребное для:

- Очистки воздуха от вредных веществ $L_1 = K_v / (ПДК_{рз} - ПДВ)$, м³

где K_v - количество выделяемых вредных веществ, мг/с; ПДВ - предельно допустимый выброс вредного вещества (ПДК для населения), мг/м³,

- Охлаждения помещения $L_2 = Q_{изб} / c \gamma (t_y - t_{пр})$, м³,

где $Q_{изб}$ - избыточное количество выделяемого тепла, Дж/ч, c - удельная теплоемкость воздуха, Дж/кгч, $\gamma_{пр}$ - плотность приточного воздуха, кг/м³, t_y и $t_{пр}$ - температуры удаляемого и приточного воздуха

- Удаления избыточной влаги $L_3 = G / \gamma_{п} (d_y - d_{пр.})$, м³,

где G - количество удаляемой влаги, г/ч, $\gamma_{п}$ - плотность пара, г/м³, d_y и $d_{пр.}$ - влагосодержание удаляемого и приточного воздуха, г/кг

2. Сравниваем полученное значение с требуемым по нормам $L = V K_0$, м³, где V - объем помещения, м³, а K_0 - нормируемая кратность воздухообмена, раз/час

3. Определяем скорость воздуха в приточных $w_{пр}$ и вытяжных w_y у проемах, исходя из уравнения Бернулли:

$$w^2 = 2gH / \gamma_{ср}, \text{ м/с,}$$

где H - скоростной напор (сумма теплового и ветрового напоров), кг/м², $\gamma_{ср}$ - средняя плотность воздуха, кг/м³

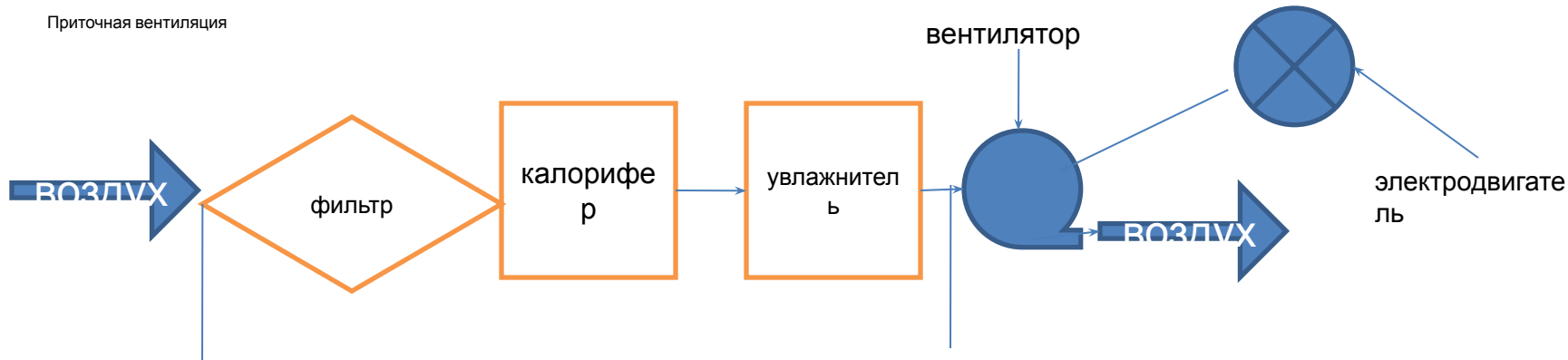
Тепловой напор H_t можно рассчитать по формуле $H_t = h(\gamma_{пр.} - \gamma_y)$, кг/м², где h - разность высот приточных и вытяжных проемов,

Ветровой напор рассчитывается, как $H_v = K_a (W_v)^2 \gamma_{ср} / 2g$, где W_v - скорость ветра, м/с, а $K_a = 0,7-0,85$ с наветренной стороны здания, $K_a = 0,3-0,45$ с подветренной стороны

4. Рассчитываем суммарную площадь приточных ($F_{пр}$) и вытяжных (F_y) проемов из уравнений:

$$L = 3600 \mu F_{пр} w_{пр} = 3600 \mu F_y w_y$$

Схема механической вентиляции и принцип расчета



Расчет:

1) Определяем воздухообмен (производительность вентилятора, м³/ч)

$$L = VK_0 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где V-объем помещения, м³; K₀ – кратность воздухообмена, раз/ч (из Сан и Пин)

2) Рассчитываем гидравлическое сопротивление воздуховодов как сумму гидравлических сопротивлений отдельных элементов вентсистемы:

$$\Delta P = \sum R_i l_i + \sum \zeta_i (w_i)^2 \gamma_{\text{пр}} / 2,$$

Здесь R_i-гидростатические потери давления (Па/м) в трубопроводе длиной l_i (м), а аэродинамические потери на местных сопротивлениях ζ_i определяются скоростью воздуха w_i (м/с) в воздуховоде

3) Определяем полное давление воздуха в воздуховоде P = P_н + ΔP

4) Выбираем вентилятор исходя из возможной производительности L, необходимого напора P и рассчитываемой мощности электродвигателя

$$N = L \times P / 3600 \times 102 \text{ Вт} \cdot \text{Эл}, \text{ где}$$

Эв и Ээл- соответственно, кпд вентилятора и электродвигателя

Освещение

Виды освещения	Свойства освещения	Требования к освещению
естественное	Повышает работоспособность и качество работы Снижает аварийность Недостаток освещенности развивает близорукость, избыток-расстройство нервной системы	1)Достаточная освещенность рабочего места
искусственное		2)Равномерность светового потока (изотропность)
рабочее		3)Отсутствие слепимости
Аварийное Эвакуационное дежурное		4)Благоприятный спектральный состав $\lambda=380-770$ нанометров
		5)экономичность

Основные светотехнические величины

Характеристики источника

1. Световой поток Φ (люмен-лм)-мощность лучистой энергии, воспринимаемой человеческим глазом
2. Сила света I (кандела-кд)-мощность источника- световой поток , рассчитанный на единицу телесного угла
 $I = d\Phi/d\omega$, где $\omega = \sigma / r^2$ -единица телесного угла ,ср (стерадиан), σ -площадь поверхности на расстоянии r от источника

Кандела-сила света в заданном направлении от точечного источника, испускающего излучение частотой 54000Гц (длина волны в вакууме 555 нм), энергетическая мощность которого составляет 1/683 Вт/ср

Характеристики освещаемой поверхности

- 3) Освещенность поверхности, E (люкс-лк)-световой поток, приходящийся на единицу площади освещаемой поверхности

$$E = d\Phi/dS$$
 , где S -площадь поверхности, м²

Для точечного источника на расстоянии R , м

$$E = I/R^2$$

Значения освещенности в наиболее типичных случаях:

Площадка, работы	E,люкс
Солнечный свет в полдень	100000
Пасмурный день	1000
В светлой комнате	100
На столе (точные работы)	100-200
Чтение	30-50
При Луне	0,2

Основные светотехнические величины(продолжение)

4. Яркость поверхности L_a , кд/м²-световой поток F , испускаемый с единицы видимой поверхности источника внутри телесного угла

$$L_a = J/\sigma = F / \omega \sigma$$

Источник	Яркость, кд/м ²
Солнце	$1,5 \cdot 10^9$
Лампа накаливания	$1,5 \cdot 10^6 - 2 \cdot 10^6$
свеча	$0,5 \cdot 10^4$
Наименьшая различимая	10^{-6}
Нетерпимая яркость	$1,6 \cdot 10^5$

5. Качественные характеристики освещения поверхности:

- Равномерность светового потока
- Блесткость (прямая и отраженная)
- Фон-способность отражать световой поток.

Характеризуется коэффициентом отражения ρ , % ($\rho > 0,4$ светлый фон, $\rho = 0,2 - 0,4$ – серый фон, $\rho < 0,2$ - темный фон)

- Контраст различия с фоном $K = (L_{\text{объекта}} - L_{\text{фона}}) / L_{\text{фона}}$
($K > 0,5$ - большой, $K = 0,2 - 0,5$ – средний, $K < 0,2$ - малый)

Естественное освещение

Нормируется с учетом характера зрительной работы по коэффициенту естественной освещенностью (КЕО)-отношение естественной освещенности в данной точке внутри помещения (E_v) к горизонтальной составляющей освещенности (E_n) снаружи светом полностью открытого небосвода:

$$e = E_v / E_n (\%)$$

Для производственных помещений установлено 8 разрядов зрительных работ

Расчет естественного освещения:

(Определение площади оконных проемов и фонарей)

При боковом освещении:

$$100 S_o / S_{п} = e_n k_z \eta_o k_{зд} / t_o r_1$$

При верхнем освещении:

$$100 S_{ф} / S_{п} = e_n k_z \eta_o k_{ф} / t_o r_2, \text{ где}$$

e_n - нормируемое значение КЕО, %

k_z - коэффициент запаса (1,2-2,0)

η_o - световая характеристика окон (зависит от геометрии помещения, принимается 6,5-66)

$\eta_{ф}$ - световая характеристика фонаря, (1,15-25)

t_o - общий коэффициент светопропускания окон, меньше 1

r_1, r_2 - коэффициенты отражения стекла

$k_{ф}$ - коэффициент, учитывающий тип фонаря

$k_{зд}$ - учитывает затемнение окон рядом стоящими зданиями

$S_o / S_{п}$ - отношение площадей окон и пола

Искусственное освещение

Системы искусственного освещения (светильники)

- Прямого света
- Отраженного света
- Рассеянного света

Требования к искусственному освещению:

- Яркость рабочей поверхности
- Равномерность распределения яркости
- Экономичность

Нормирование-Е мин (8 разрядов работы)

Основные светотехнические характеристики светильников:

- Установленная мощность P , Вт
- Кривая распределения силы света
- Светоотдача $\eta = \Phi/P$, лм/Вт
- Коэффициент полезного действия (КПД) :

$$\Phi_n = \Phi_c / \eta_n, \%$$
 где
 Φ_c - световой поток, излучаемый светильником,
 Φ_n - световой поток источника света
- Защитный угол (0-90)-мера защиты яркости источника от глаз наблюдателя

Тип светильника	Светоотдача, лм/Вт	Срок службы, час	КПД, %	Достоинства	Недостатки
Лампа накаливания	7-20	800-1000	10-13	Простота, низкая стоимость	Не экономичность Слепящее действие Инфракрасное излучение (60%)
Газоразрядные лампы: • Люминисцентные (НД) • Дуговые ртутные (ВД) • Ксеноновые • металлогалогеновые	30-100	До 10000	До 60	Экономичность, благоприятный спектр	Сложная аппаратура, стробоскопический эффект
Светодиодные лампы	До 100		До 90	Экономичность, благоприятный спектр	Высокая стоимость

Светотехнический расчет

1. По световому потоку

1.1. Метод удельной мощности (горизонтальное расположение поверхностей и равномерное размещение светильников)
Из светотехнических характеристик светильников подбирают светильник мощностью

P св (Вт) по удельной мощности **p (Вт/м²)**, близкой к заданному минимальному (нормируемому) значению освещенности $E_{мин}$ (Вт/м²), и для необходимой площади помещения **S**, м² рассчитывают число светильников **n** из соотношения:

$$n > Sp / P_{св}$$

1.2 Метод коэффициента использования

Рассчитывается световой поток светильника Φ_c , лм, по формуле

$$\Phi_c = E_n S k z / u n$$
, где

E_n - нормируемое значение освещенности, лк

S -площадь освещаемой поверхности, м²

K -коэффициент запаса (1,1-1,3)

Z -коэффициент поправки на неравномерность (1,1-1,3)

U -коэффициент использования светильника (зависит от геометрии помещения, отражающей способности стен и потолка)

n -число светильников

По величине Φ_c из каталога выбирается светильник равной или чуть большей мощности

2. По силе света (точечный метод)

Применяется соотношение

$\Phi_c = \Phi_n k \frac{1000}{\mu} \sum E_g$, где E_g -сумма горизонтальной составляющей освещенности в рассматриваемой точке поверхности от всех источников света, которые рассчитываются на основании закона квадрата расстояния ($E_p = I/R^2$) по силе света I (лк), взятой из кривых распределения используемых светильников,

1000-величина условного светового потока лампы, для которого рассчитываются эти кривые распределения, лм

μ -коэффициент, учитывающий отраженную составляющую освещенности