Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств»

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Методические указания к лабораторным занятиям
для студентов направлений

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
09.03.04 «Программная инженерия»
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическоеобеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
21.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной формы обучения
заочной формы обучения
очно-заочной формы обучения

Энгельс 2026

ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

Цель работы: изучить метод определения количества вредных веществ, выделяющихся в воздух испарением с открытых поверхностей, произвести расчет воздухообмена, необходимого для разбавления вредных веществ до ПДК.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Повышенная запыленность и загазованность, повышенная или пониженная влажность, повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны оказывает вредное воздействие на организм человека, вызывает снижение его работоспособности, увеличение травматизма и профессиональных заболеваний. Основными источниками теплоты, влаги и различных веществ, ухудшающих состояние воздушной среды, являются разнообразные технологические процессы.

В ряде производств могут выделяться: пары, газы и аэрозоли, которые по своему действию оказывают на организм человека удушающее (окись углерода, синильная кислота), раздражающее (фтористый водород, сернистый газ, сероводород), наркотическое (бензол, сероуглерод), отравляющее (ртуть, фосфор) и др. действия.

Поэтому создание вентиляции на любом производстве - является главной задачей для создания благоприятных условий труда.

Нормативные значения параметров микроклимата и требования к составу воздуха рабочей зоны помещений производств определены ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно - гигиенические требования», СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» и СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» ГОСТ Р 59972-2021 «Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования».

Вентиляцией называется комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в производственных помещениях.

Назначение вентиляции – удаление из рабочей зоны загрязненного или перегретого воздуха и поддержание химического состава и физического состояния воздуха, удовлетворяющие гигиеническим требованиям, т е. обеспечить определённые метеорологические параметры воздушной среды и чистоту воздуха.

Вентиляционная система – совокупность устройств для обработки, транспортирования, подачи и удаления воздуха.

Системы вентиляции классифицируются по следующим признакам:

1) По способу создания давления и перемещения воздуха:

– естественная
– искусственная (механическая)
– смешанную.

2) По назначению:

– приточные
– вытяжные
- приточно-вытяжные.

3) По способу организации воздухообмена:

– общеобменная
– местная
– аварийная
– противодымная.

4) По конструктивному исполнению:

5) – канальная

6) – бесканальная.

В основе естественной вентиляции лежит воздухообмен, основанный на разности температур. Данный показатель сказывается, прежде всего, на разном удельном весе воздуха, внутри производственного цеха и снаружи. Эффективность работы такой системы зависит от разницы этих параметров. То есть чем больше разница в удельном весе и температуре, тем больше

эффективность работы данной системы. Данная система проветривания может быть организованной и неорганизованной. В первом варианте поступление воздушных объемов осуществляется через не плотности между окнами или дверями, а также при открывании форточек или дверей. Организованная, или регулируемая, осуществляется аэрацией (через открывающиеся фрамуги окон и аэрационных фонарей) или дефлекторы (специальные насадки на вытяжных трубах), а удаление загрязненного воздуха происходит через проемы в стенах (бесканальная) или по специальным воздуховодам (канальная). Естественная вентиляция применима, там, где нет больших выделений вредных веществ в воздух рабочей зоны. Она дешева и проста в эксплуатации. Основной недостаток – удаляемый воздух не очищается и загрязняет атмосферу.

В отличие от естественной при механической вентиляции воздух предварительно может быть очищен и доведен до требуемой температуры и влажности. Воздухообмен механической вентиляции происходит за счет разности давления, создаваемой вентилятором. Недостатком механической вентиляции является высокая стоимость и повышенный уровень шума.

Общеобменная вентиляция применяется в тех случаях, когда вредные вещества, избыточное тепло и влага выделяются рассредоточено по всему рабочему помещению и удалить их с помощью местных отсосов технически не представляется возможным, а также в тех случаях, когда необходимо разбавить до ПДК остатки воздуха, не удаляемого местными отсосами. Принцип действия общеобменной вентиляции основан на разбавлении загрязненного, перегретого или переувлажненного воздуха до уровней, соответствующих гигиеническим требованиям, что является менее эффективным и менее экономичным.

Приточная общеобменная система вентиляции производит забор воздуха извне вентилятором или эжектором через калорифер, где воздух нагревается и увлажняется, а затем подаётся в помещение.

Вытяжная система вентиляции удаляет загрязнённый и перегретый воздух через сеть воздуховодов при помощи вентилятора.

Приточно - вытяжная система вентиляции состоит из двух отдельных систем - приточной и вытяжной, которые одновременно подают в помещение чистый воздух и удаляют из него загрязнённый.

Местная вентиляция - вентиляция, при которой воздух подают на определённые места и загрязнённый воздух удаляют только от мест образования вредных выделений. Местная приточная вентиляция может обеспечивать приток чистого воздуха к определённым местам. И наоборот, местная вытяжная вентиляция удаляет воздух от определённых мест с наибольшей концентрацией вредных примесей в воздухе (рис.1).

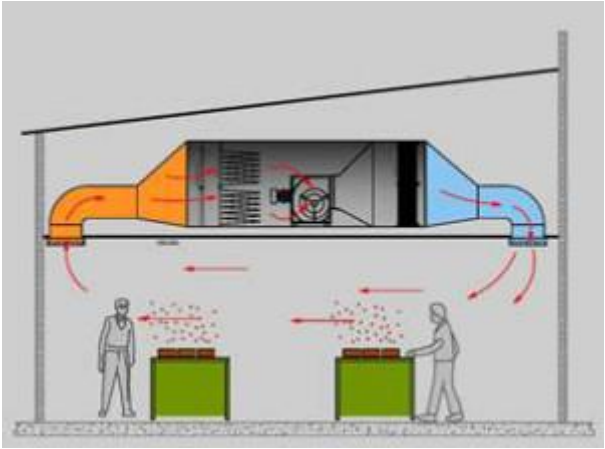


Рисунок 1 – Система промышленной вентиляции

Наиболее распространённым и эффективным способом улавливания вредных веществ непосредственно у мест их образования является применение аспирационных устройств, в частности местных отсосов, расчёт и проектирование которых рассматривается в литературе [1-5].

Конструкции местных отсосов могут быть полностью закрытыми, полуоткрытыми или открытыми. Наиболее эффективны закрытые отсосы. К ним относятся кожухи, камеры,

герметично или плотно укрывающие технологическое оборудование. Если такие укрытия устроить невозможно, то применяют отсосы с частичным укрытием или открытые: вытяжные зонты, отсасывающие панели, вытяжные шкафы, бортовые отсосы (модификация однобортные и двубортные применяемы в гальванических производствах).

При проектировании вентиляционной системы основным требованием является определение воздухообмена, т.е. количества воздуха, необходимого для обеспечения требуемых параметров воздушной среды в рабочей зоне.

Требуемый воздухообмен при обеспечении чистоты воздуха определяется по количеству выделяющихся вредностей по формуле:

$$V = \frac{G \cdot 1000}{C_{ПДК} - C_0} \qquad (1)$$

где V - требуемый воздухообмен, $м^3/ч$;
G - масса вредностей, выделяющихся в рабочее помещение в единицу времени, г/ч;
Спдк - предельно допустимая концентрация; мг/м ;
Со - концентрация вредностей в приточном воздухе, мг/м
(согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» C_o не должна превышать 30% ПДК).

При подаче очищенного воздуха воздухообмен уменьшается на 40%.

При наличии местных отсосов воздухообмен определяется из следующей зависимости:

$$V = \frac{G - G_{м.о.}}{C_{ПДК} - C_0} + L_{м.о}. \qquad (2)$$

где Gм.о. - количество вредностей уносимых местными отсосами, мг/м ;
Lм.о. - количество воздуха, удаляемого местными отсосами, м /ч.

Определение количеств выделяющихся вредностей представляет определенную сложность. Для этой цели разработаны эмпирические формулы, определены средние удельные величины выделения вредностей из оборудования различного типа. При обнаружении утечки важно знать какие газы легче или тяжелее воздуха, которая определяется сравнением молярной массы исследуемого газа с молярной массой воздуха. Считается если вещество с молярной массой менее 28,836 г/моль, то оно легче воздуха.

Расчет количества вредностей, испаряющихся с открытых поверхностей, производится по формулам:

а) пары вещества легче воздуха:

$$G = 0{,}184 \cdot \mathrm{F} \cdot l^{-1/4} \cdot D^{1/2} \left(P_n \cdot M_n\right)^{5/4} \cdot \left[\frac{\nu_1}{\nu_2} - 1\right]^{1/4} \qquad (3а)$$

а) пары вещества тяжелее воздуха:

$$G = 0{,}184 \cdot \mathrm{F} \cdot l^{-1/4} \cdot D^{1/2} \cdot \left[1 - \frac{\nu_1}{\nu_2}\right]^{1/4} \qquad (3б)$$

где F - площадь испарения, равная S кюветы, м ;
l - определяющий размер кюветы с исследуемым веществом, м;
D - коэффициент диффузии, м /с;
$P_п$- давление паров над жидкостью, определяется по таблице 2 приложение 1;
$M_п$- молекулярная масса паров выделяющегося вещества;
V_1 – объем исследуемого вещества после испытания;
V_2 - объем исследуемого вещества до испытания.
Коэффициент диффузии для данных условий определяется по формуле:

$$D = D_0 \cdot \left(\frac{T}{273}\right)^2 \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right) \quad \text{……..(4)}$$

где D_0 - коэффициент диффузии для нормальных условий, определяемый по таблице 1 Приложение 1;
T - температура в помещении, К°;
P - барометрическое давление (см. барометр), мм рт. ст.
P_0 - барометрическое давление при н.у. температуре 20 ºС, - 755 мм рт. ст.

Расчёт количества вредных веществ, поступающих в помещение через неплотности в аппарате, производится по формуле:

$$G = m \cdot \rho \cdot V \quad (5)$$

где m - коэффициент негерметичности, ч
р - плотность газа в оборудовании при рабочем давлении и температуре, кг/м^3;
V - объем оборудования, занимаемого газовой фазой, м .

Коэффициент негерметичности определяется из выражения:

$$m = \left(\frac{1}{\tau}\right)^2 \cdot \left(\frac{\Delta P}{P_н}\right) \quad (6)$$

где τ время испытания, ч;
Рн - рабочее давление газа, Па,
ΔР - падение давления за время испытаний, Па

При расчете местной вытяжной вентиляции объем удаляемого воздуха определяется по формуле:

$$L = \mathrm{F} \cdot \upsilon \cdot 3600 \quad \text{……..(7)}$$

где L - требуемый воздухообмен, м^3 / ч;
F - площадь открытого сечения вытяжного устройства, м ;
v - скорость движения воздуха в проеме вытяжного устройства (колеблется от 0,5 до 1,7 м/с в зависимости от характера вредных выделений).

В тех случаях, когда количество вредных веществ велико или трудно определимо, расчёт воздухообмена можно производить по его кратности:

$$K = \frac{V}{V_{пом}} \quad \text{……..(8)}$$

где К - кратность воздухообмена, ч;
V - требуемый воздухообмен, м^3/ч;
$V_{ПОМ}$ - объём помещения (объем опытной камеры лабораторного стенда «Промышленная вентиляция), м^3.

Минимальный расход наружного воздуха на одного работающего и кратность воздухообмена указаны в СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий» и равны:

Расход воздуха				Приточные системы
с естественным проветриванием	без естественного проветривания			
на 1 чел., м^3/ч	на 1 чел., м^3/ч	обмен/ч	% общего воздухообмена, не более	
30* 20**	60	1		без рециркуляции или с рециркуляцией при

				кратности воздухообмена 10 обменов и более в 1 ч
	60 90 120		20 15 10	с рециркуляцией при кратности воздухообмена менее 10 обменов в 1 ч

*При объеме помещения (участка, зоны) на 1 чел. менее 20 м3.
** При объеме помещения (участка, зоны) на 1 чел. 20 м3 и более.

При устройстве местной вытяжной вентиляции необходимо иметь представление о закономерностях движения воздуха при всасывании через отверстие. Вблизи вытяжных отверстий закономерности течения зависят от формы отверстия и соотношения его размеров. Для решения практических задач пользуются спектром скоростей всасывания. Спектр всасывания (рис. 2) представляет собой ряд кривых линий равных скоростей.

Рисунок 2 – Структура всасывающего факела.

Движение воздуха происходит по линиям, перпендикулярным линиям равных скоростей. Спектры всасывания для геометрически подобных воздухоприемников одинаковы.

Имеется следующая зависимость изменения осевых скоростей всасывающих факелов:

$$\frac{\upsilon_X}{\upsilon_0} = \frac{\upsilon_X}{\upsilon_{cp}} = \frac{1}{1 + K\left(\frac{l}{F}\right)^{1/4}} \qquad (9)$$

где v - осевая скорость всасывающего факела на расстоянии *l* от всасывающего патрубка, м/с;
v_0 - осевая скорость во всасывающем патрубке, м/с;
v_{cp}- средняя скорость в сечении всасывающего патрубка, м/с;
F - площадь поперечного сечения всасывающего патрубка, м^2;
К - опытный коэффициент (для круглого и квадратного сечения К= 7,7).

Аварийная система вентиляции устанавливается в помещениях, где возможен неожиданный выброс чрезвычайно опасных вредных веществ в количествах, значительно превышающих ПДК, с целью их быстрого удаления. Аварийная вентиляция необходима для удаления газа в помещениях с газовым пожаротушением, для удаления газа после работы системы.

Противодымная вентиляция устанавливается в производственных зданиях, где применяются производственные процессы с повышенной пожароопасностью, и служит для

обеспечения эвакуации людей. С помощью этой системы подается необходимое количество воздуха, препятствующего распространению дыма в помещении.

Для создания оптимальных метеорологических условий в производственных помещениях применяют наиболее совершенный вид промышленной вентиляции - кондиционирование воздуха.

Кондиционированием воздуха называется его автоматическая обработка с целью поддержания в производственных помещениях заранее заданных метеорологических условий независимо от изменения наружных условий и режимов внутри помещения. В ряде случаев помимо обеспечения санитарных норм микроклимата воздуха в кондиционерах производят специальную обработку: ионизацию, дезодорацию, озонирование и т.п.

Кондиционер - это вентиляционная установка, которая с помощью автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды. Кондиционеры классифицируются но нескольким признакам:

1) По виду: установки полного кондиционирования воздуха, обеспечивающие постоянство температуры, относительной влажности, скорости движения и чистоты воздуха; установки неполного кондиционирования, обеспечивающие постоянство только части этих параметров или одного параметра, чаще всего температуры.

2) В зависимости от способа холодоснабжения: подразделяются на: автономные и неавтономные. В автономных кондиционерах холод вырабатывается собственными встроенными холодильными агрегатами. Неавтоматические снабжаются хладоносителями централизовано.

3) По способу приготовления и раздачи воздуха: подразделяются на центральные и местные.

Технологическое кондиционирование в промышленности устраивается с целью обеспечения постоянства влагосодержания материалов, скорости протекания химических и биохимических реакций, процессов кристаллизации, поддержания неизменных температуры и влажности, необходимых для испытания материалов в стандартных условиях, и др.

Описание установки

Лабораторные работы выполняются на установке, схема которой представлена на рис. 3.

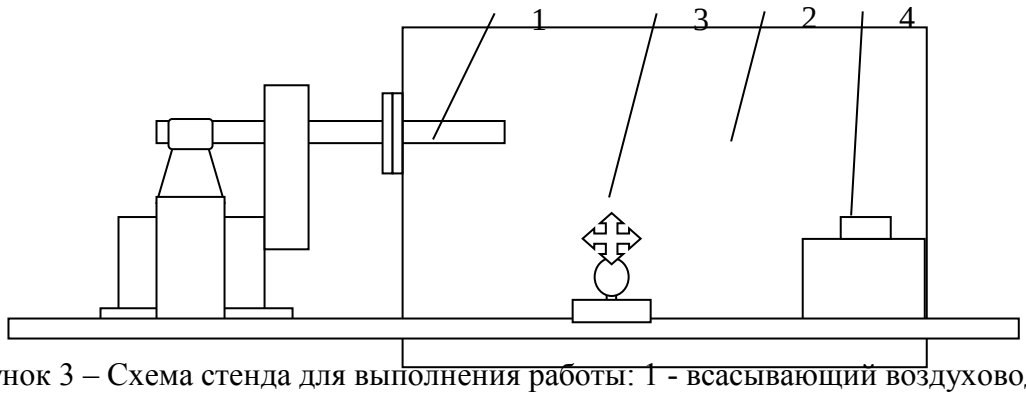


Рисунок 3 – Схема стенда для выполнения работы: 1 - всасывающий воздуховод; 2 - вытяжной шкаф; 3 - анемометр; 4 - кювета

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством вентиляционной установки и теоретической частью работы.
2. Взять заданное вещество у преподавателя и определить по каким формулам производить расчет количества вредностей, испаряющихся с открытых поверхностей (легче или тяжелее воздуха).
3. Рассчитать количество вредного вещества, выделяемого в пространство вытяжного шкафа с открытой поверхности кюветы.
4. Рассчитать требуемый режим воздухообмена.

5. Сравнить расчетный воздухообмен с нормами, предъявляемые к воздухообмену химических производств.

Методика выполнения работы

1. Определить площадь S и определяющий размер *l* (диаметр) кюветы.
2. Из табл. 1,2 (см. приложение) определить коэффициент диффузии и давления паров над жидкостью.
3. Измерить барометрическое давление P.
4. Рассчитать коэффициент диффузии D по формуле 4 и количество G вредного вещества, выделяющегося с открытой поверхности по формуле 3.
5. Определить класс опасности вещества и его ПДК по таблице 3 Приложения 1.
6. Данные внести в табл. 1.
7. Измерить скорость потока воздуха в открытом сечении вентиляционного шкафа. Измерение произвести с помощью анемометра по методике, приведённой ниже стр. 10.
8. Рассчитать необходимое количество подаваемого воздуха V по формуле 1 v и кратность воздухообмена К по формуле 8. Расчет местной вытяжной вентиляции объем удаляемого воздуха определяется по формуле 7. Сравнить полученные результаты с нормативными значениями СП 2.2.1.1312-03. Данные внести в табл. 2.

Таблица 1 – Результаты испытания

Вред в-во	S, м^2	*l*,м	P, мм. рт.ст.	D_0 при 0^0C	D_0 при t^0C	G г/ч	Класс опас-ности	ПДК, мг/м^3	V, м^3/ч	υ, м/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица 2– Результаты испытания

Наименование прибора	Точка замера	Скорость движение воздуха		Площадь сечения F, м^2	Расход воздуха, L мг/м^3	Кратность воздухообмена K, ч$^{-1}$
		υ, дел/с	υ, м/с			
1	2	3	4	5	6	7

Измерение скорости движения воздуха

В чашечном анемометре приёмной частью служит крестовина с четырьмя полушариями, укреплённая на вертикальной оси.

При замерах ось чашечного анемометра должна быть перпендикулярной к направлению движения воздушного потока. Под действием воздушного потока полушария вращаются, что фиксируется счётным механизмом со шкалой. Включение механизма производится арретиром. Пределы измерения от 1 до 20 м/с, порог чувствительности 0,8 м/с.

Методика измерения состоит в следующем: анемометр помещают в воздушный поток и спустя 10-15с включают счётный механизм и одновременно секундомер, фиксирующий время измерения (t).

Для получения средней скорости ($v_{ср}$) потока анемометр медленно перемещают по площади сечения, в котором производится измерение. Через 30-60 секунд, не вынимая анемометра из потока, выключить счётный механизм и секундомер. Перед измерением записывается начальное показание анемометра n_1, после измерения - конечное n_2. Разность показаний, отнесённая ко времени измерения, даёт так называемую скорость анемометра, (Vан), дел/с:

$$\upsilon_{ан} = \frac{(n_2 - n_1)}{t}$$

Среднюю скорость воздушного потока ($V_{ср}$) находят с помощью графика, представленный на рисунке 3.

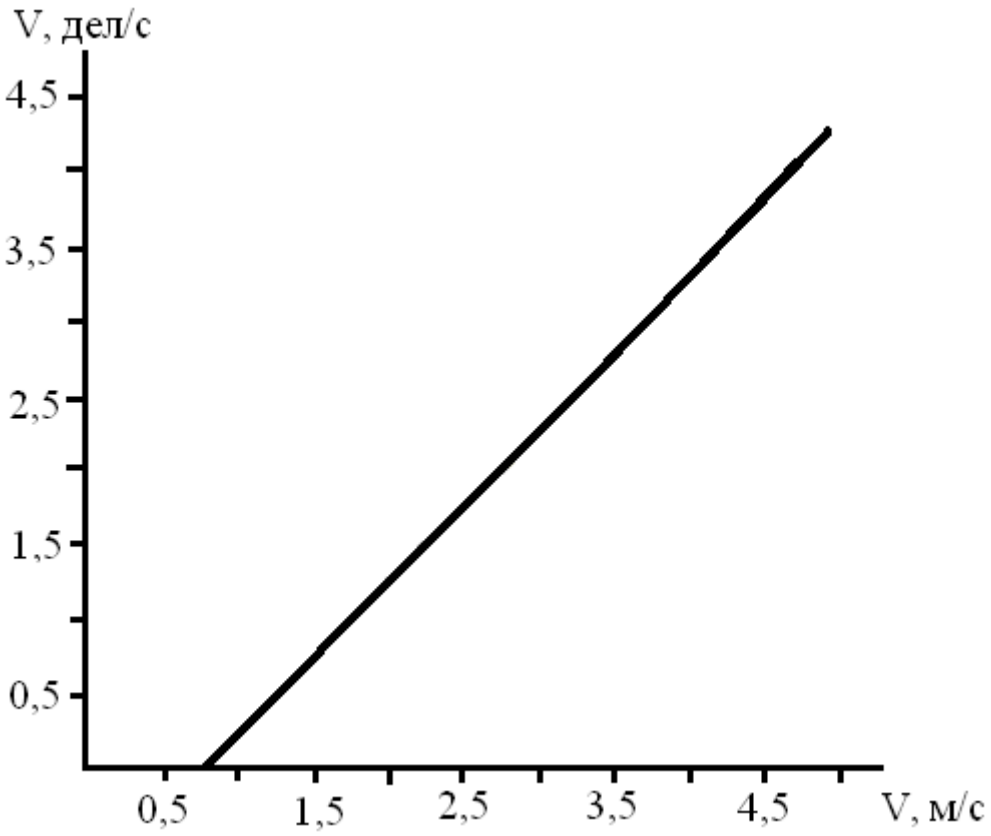


Рисунок 4 – График перевода значений скорости движения воздуха из дел./с в м/с для чашечного анемометра

Обработка данных и оформление отчета

1. Рассчитать G по формуле 3.
2. По формуле 1 рассчитать необходимое количество подаваемого воздуха.
3. Найти скорость всасываемого воздуха в проеме вентиляционного шкафа.
4. По формуле 8 определить кратность воздухообмена.
5. Сравнить расчётные и нормируемые значения и сделать выводы.

Оформление отчета

Отчет должен содержать;
-задание;
-схему установки;
-основные определения и понятия;
-расчётные формулы и результаты вычислений;
-отчетные табл. 1,2;
-выводы.

Техника безопасности

1. Створки шкафа должны быть открыты не более, чем на 1/3 проема.
2. Работы с вредными веществами осуществлять с использованием средств индивидуальной защиты.
3. После проведения работы кюветы закрыть,
4. Включение и выключение установки производится только лаборантом или преподавателем.

Вопросы для самопроверки

1. Какие производственные процессы характеризуются повышенными тепло- и газо- выделениями?
2. Каково назначение вентиляции?
3. В чём сущность естественной и искусственной вентиляции?
4. Какими основными параметрами характеризуется механическая вентиляция?
5. Как рассчитывается требуемый воздухообмен и его кратность?
6. Назовите методы, позволяющие определить количество выделяющихся вредностей?

7. От чего зависят закономерности течения воздуха при всасывании его через отверстия? Как осуществляется движение воздуха вблизи всасывающего отверстия?
8. Назовите наиболее часто применяемые типы местных отсосов, дайте их сравнительную характеристику.
9. Что такое кондиционирование и какое оно имеет значения для производств химической технологии.

Приложение 1

Таблица 1

Коэффициенты диффузии D_0 (в $м^2/с$)

Вещество	В воздухе при 0^0C, $D_0 \cdot 10^4$	В воде при 0^0C, $D_0 \cdot 10^6$
1	2	3
Аммиак	0,198	0,00183
Бензол	0,077	-
Водяной пар	0,22	-
Двуокись углерода	0,136	0,00178
Пропиловый спирт	0,102	0,00103
Сероуглерод	0,088	-
Уксусная кислота	-	0,00095
Этиловый спирт	0,102	0,00103

Таблица 2

Давление паров над жидкостью, P_n, в мм.рт.ст.

Вещество	Давление пара при температуре, °С												
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Ацетон	66,8	116	185	283	422	613	861	1190	1611	2142	2797	3594	4547
Бензол	26,5	45,4	74,7	118	181	269	389	547	754	1016	1344	1748	
Вода	4,6	9,2	17,5	31,8	55,3	92,5	149	234	355	526	760	1075	1489
Пропиловый спирт	12,2	23,6	43,9	78,8	135	222	353	543	813	1187	1692	2360	3223
Сероуглерод	128	198	298	435	618	857	1165	1552	2033	2619	3385	4220	5220
Этиловый спирт	12,2	23,6	43,9	78,8	135	222	353	543	813	1187	1692	2360	3223

Таблица 3

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе, мг/ $м^3$ (ГОСТ 12.1.005.88 ССБТ. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».)

Вещество	**В воздухе рабочей зоны**	**В воздухе населенных пунктов**		**Класс опасности**	**Особенности воздействия**
		Максимальная разовая ≤30 мин	**Среднесуточная; воздействие >30 мин**		
1	2	3	4	5	6
Азотная кислота	2	0,4	0,15	2	-
Аммиак	20	0,2	0,04	4	-
Ацетон	20	0,2	0,04	4	-
Бензол	5	1,5	0,1	2	К

Гексан	300	60	-	4	-
1	2	3	4	5	6
Дихлорэтан	10	3	1	2	-
Кремния диоксид	1	0,15	0,06	3	Ф
Ксилол	50	0,2	0,2	3	Ф
Метанол	5	1	0,5	3	-
Полипропилен	10	3	3	3	-
Пропиловый спирт	10	0,3	0,25	3	-
Сероводород	10	0,008	0,008	2	-
Толуол	50	0,6	0,6	3	-
Углерода оксид	20	5	3	4	Ф
Цементная пыль	6	-	-	4	Ф
Этилендиамин	2	0,001	0,001	3	-
Этанол	1000	5	5	4	-

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Цель работы: Изучить методы оценки запыленности и загазованности рабочей зоны производственных помещений, освоить принцип работы приборов и провести сравнительный анализ с допустимыми значениями.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Многие технологические процессы в промышленности, строительстве сопровождаются выделением вредных веществ, отрицательно воздействующих на организм человека.

Под вредным веществом понимается вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности, может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Вредные вещества. проникая в организм человека, воздействуют на его ткани и биологические системы, вызывая нарушение процессов нормальной жизнедеятельности. Это воздействие проявляется в виде острых или хронических отравлений.

Острые отравления часто происходят в результате аварий, поломок оборудования и грубых нарушений техники безопасности, характеризуются кратковременностью действия относительно больших количеств вредных веществ и ярким типичным проявлением непосредственно в момент воздействия или через сравнительно небольшой (обычно несколько часов) скрытый период.

Хронические отравления возникают постепенно при длительном воздействии вредных веществ, проникающих в организм в относительно небольших количествах. Они развиваются вследствие накопления вредного вещества в организме или вызываемых им изменений. При любой форме отравления характер действия вредных веществ определяется степенью их физиологической активности – токсичностью.

Наибольшее практическое значение для характеристики токсичности веществ представляют их ПДК (предельно-допустимые концентрации) в воздухе рабочей зоны, значения которых представлены в приложении и СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания". Предельно-допустимыми являются такие концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Существуют различные единицы выражения концентрации: массовые, объемные, в долях, в процентах и др. При санитарной оценке качества воздуха принято выражать содержание загрязняющих веществ (концентрацию) в миллиграммах на кубический метр воздуха (мг/м^3). Это удобно тем, что применимо для любого агрегатного состояния примесей: газов, паров, аэрозолей, твердых веществ. При оценке качества воды – в мг/л, почвы – мг/кг.

На предприятиях воздух рабочей зоны может загрязняться вредными веществами, выделяющимися при производственных процессах, а также содержащимися в сырье, продуктах, полупродуктах и отходах производства. Эти вещества поступают в воздух в разном агрегатном состоянии (пары, газы, пыль). Их воздействие на человека зависит от токсичности, концентрации в воздухе и проявляется в виде острых и хронических отравлений и профессиональных заболеваний. По токсическому действию вредные вещества подразделяются на:

- кровяные яды, которые более активно соединяются с гемоглобином крови и вытесняют из него кислород (оксид углерода, бензол, соединения ароматического ряда и др.);
- нервные яды, вызывающие возбудимость, истощение нервной системы, разрушение нервной ткани (наркотики, спирты, сероводород, кофеин и т.п.);
- раздражающие яды, поражающие верхних дыхательные пути и легкие (аммиак, сернистый газ, пары кислот, окислы азота, ароматические углеводороды и др.);
- прижигающие и раздражающие кожу и слизистые оболочки (серная, соляная кислоты, едкий натр, калий и т.п.);

- печеночные яды, действие которых сопровождается изменением и воспалением тканей печени (спирты, дихлорэтан, 4-х хлористый углерод);

- аллергены, изменяющие реакционную способность организма (алкалоиды и др. вещества);

- канцерогены, вызывающие образование злокачественных опухолей (3,4-бензипрен, каменноугольная смола);

- мутагены, воздействующие на генетический аппарат клетки (окись этилена, соединения ртути);

- тератогены, оказывающие отрицательное воздействие на зародышей человека.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества разделяются на 4 класса опасности: 1 – чрезвычайно опасные, 2 – высокоопасные, 3 – умеренно опасные и 4 – малоопасные.

Класс опасности устанавливается в зависимости от величин ПДК, среднесмертельных концентраций и доз, коэффициента возможности ингаляционного отравления (КВИО), зоны острого и зоны хронического действия.

Наряду с максимально разовыми для отдельных веществ введены среднесуточные концентрации.

В промышленности редко встречается изолированное действие вредных веществ, обычно работающие подвергаются одновременному воздействию нескольких факторов, т.е. имеет место комбинированное действие. Различают несколько видов комбинированного действия вредных веществ:

однонаправленное действие – компоненты смеси действуют на одни и те же системы в организме, например, наркотическое действие смеси углеводородов. В этом случае суммарный эффект смеси равен сумме эффектов действующих компонентов и должен отвечать уравнению:

независимое действие - компоненты смеси действуют на разные системы организма и их токсический эффект не зависит от другого. В этом случае их ПДК остаются таким же, как при изолированном действии каждого, например, смесь паров бензина и раздражающие газы.

Действие вредных веществ на организм определяется не только токсичностью и содержанием в той или иной среде, но и агрегатным состоянием веществ, составом, физико-химическими свойствами, а также путями проникновения веществ в организм и взаимодействием их с тканями организма, способностью к накоплению (кумуляции) и выделению из организма и продолжительностью действия. Влияние внешних факторов (температура, влажность, тепловыделения) объясняется нарушением терморегуляции организма и вследствие этого снижением сопротивляемости организма воздействию вредных веществ. Например, при повышении температуры увеличивается легочная вентиляция и увеличивается скорость кровотечения, усиливается проникновение веществ в организм. Наиболее часто вредные вещества попадают в организм через органы дыхания: носоглотку и легкие. Из легких яды всасываются в кровь и разносятся ею по всему организму. Разные химические вещества имеют различную способность проникновения в организм через органы дыхания, это зависит в основном от растворимости отдельных веществ в воде, в тканевых жидкостях и средах организма.

Аммиак, а также хлористый водород и диоксид серы хорошо растворимы в воде, поэтому они задерживаются на слизистых оболочках верхних дыхательных путей и вызывают их раздражение. Хлор и оксиды азота малорастворимы в воде, поэтому они не задерживаются на слизистых оболочках дыхательных путей, проникают в легкие, сорбируются в них и вызывают их отек. Пыль попадая в организм человека через органы дыхания, тоже оказывают вредное действие. Пыль представляет собой мельчайшие частицы твердого вещества. Степень воздействия пыли на кожу, дыхательные органы и глаза зависит от физико-химических свойств, концентрации, токсичности, дисперсности.

Пыль, в зависимости от природы ее возникновения, подразделяется на органическую, неорганическую и смешанную.

К органической относится пыль животного и растительного происхождения: шерстяная, древесная, хлопчатобумажная и др.

К неорганической относится пыль минеральная, кварцевая, керамическая, цементная, металлическая и др.

В реальных условиях производства обычно встречаются смеси пыли с преобладанием компонентов, связанных с данным технологическим процессом. Пыль по степени ее измельчения (дисперсности) разделяется на три группы:

- видимая, с размером частиц более 10 мкм;
- микроскопическая – от 10 до 0,25 мкм;
- ультрамикроскопическая, менее 0,25 мкм.

Пыль, способная некоторое время находиться в воздухе во взвешенном состоянии, называется аэрозолью, в отличие от осевшей пыли, называемой аэрогелью.

Скорость осаждения пыли из воздуха находится в зависимости от размера частиц. Крупные частицы относительно быстро выпадают в осадок под действием силы веса, более мелкие (микроскопические) частицы падают с меньшими скоростями, преодолевая сопротивление воздушной среды, а самые мелкие (ультрамикроскопические) частицы могут длительное время находиться в воздухе.

Микроскопическая и ультрамикроскопическая пыль представляет для организма наибольшую опасность, поскольку она не задерживается в верхних дыхательных путях, и проникая в легкие, оседает в них. Крупные и средние частицы пыли в легкие попадают крайне редко – они задерживаются в верхних дыхательных путях (носовой полости, носоглотке) и только частично достигают бронхов.

Характер и эффективность действия пыли также зависит и от её заряда. Известно, что заряженные частицы пыли дольше задерживаются в легких, чем нейтральные, поэтому при прочих равных условиях они более опасны для организма.

Вредность воздействия пыли также связана с растворимостью, твердостью, формой пылинок и т.п.

Частицы пыли, имеющие многогранную форму с острыми иглообразными выступами, оседая в верхних дыхательных путях, вызывают воспаления тканевых клеток. Воспаленные тканевые клетки дыхательных органов создают благоприятные условия для проникновения в организм возбудителей различных инфекционных болезней. Твердые пылинки с острыми краями могут вызвать травмы глаз. Пыль независимо от ее состава, покрывая кожу может приводить к воспалительным заболеваниям. Проникая глубоко в легкие человека, пыль может привести к развитию в них заболевания – пневмокониоз, сущность которого заключается в замещении легочной ткани соединительной тканью. При работе, связанной с вдыханием кварцевой пыли, возможно заболевание наиболее тяжелым видом пневмокониозасиликозом.

Запыленность воздуха рабочей зоны производственных помещений в пределах допустимых концентраций не оказывает неблагоприятного влияния на организм человека.

В производственных условиях токсичные вещества через желудочно-кишечный тракт поступают сравнительно редко – в основном через грязные руки.

Кумуляция (накопление) токсичных веществ в организме происходит в том случае, если их превращения или выделение происходит медленнее, чем поступление. Кумулированные яды (ртуть, свинец, мышьяк), накапливаясь в организме, оказывают на него длительное и сильное действие. Это так называемая материальная кумуляция. Если в организме накапливаются негативные последствия воздействия токсичных веществ, имеет место функциональная кумуляция.

Выделение токсичных веществ из организма может происходить через кожу, почки, легкие, желудочно-кишечный тракт. Через легкие выводятся в основном легколетучие вещества (спирты, эфиры, бензин и др.), через почки – хорошо растворимые в воде вещества, соединения тяжелых металлов (свинец, ртуть), а марганец выводится в основном через желудочно-кишечный тракт. Через кожу выводятся все растворимые в жирах вещества (медь, мышьяк, ртуть, H_2S).

Мероприятия по ограничению воздействия вредных веществ на производстве должны быть комплексными и включать меры технологического, санитарно-технического, медико-профилактического и организационного характера:

1) автоматизация технологического процесса;

2) механизация ручных процессов;

3) максимальная герметизация аппаратуры, оборудования и др.;

4) вентиляция производственных помещений;

5) обеспечение рабочих спецодеждой;

6) создание на предприятиях условий для выполнения работающими мероприятий личной гигиены (устройство гардеробных, умывальных, душевых помещений, комнат гигиены и др.);

7) профессиональный отбор лиц для работы в цехах, где имеет место загрязнение воздуха рабочей зоны и периодический мед.осмотр;

8) установление особого режима работы и отдыха;

9) замена работ с пылящими материалами работами с применением увлажненных материалов, наприер, паст.

Для санитарного контроля воздушной среды производственных помещений применяют следующие методы: лабораторный (аналитический), индикаторный, экспрессный м автоматический.

Лабораторные методы (колориметрический, люминесцентный, полярографический, хроматографический, спектроскопический и другие) наиболее точны и позволяют определить микроколичества токсичных веществ в воздухе. Однако они требуют значительного времени и применяются главным образом в исследовательских и контрольных работах.

Индтикаторные методы характеризуются простотой; с их помощью можно быстро производить качественные определения. Такие методы применяют в случае срочной необходимости, когда нежелательно присутствие токсичных веществ даже в очень малых концентрациях (при пуске аварийной вентиляции, нейтрализации загазованного участка, применении средств индивидуальной защиты и т.д.). Однако количественные определения токсичности веществ в воздухе при помощи индикаторных методов можно произвести только ориентировочно.

Экспресс-методы служат для точного определения концентрации вредных паров и газов в воздухе производственных помещений и на территории предприятия. Для определения контроля экспресс-методом применяют универсальные газоанализаторы УН-2 и УГ-1, кондуктометрическую установку КО-1 и ротоэлектрические калориметры.

Экспресс-анализ воздуха с помощью универсальных газоанализаторов может проводиться работниками, не имеющими специальной подготовки.

Автоматические газоанализаторы непрерывного действия осуществляют обычно непрерывную регистрацию уровня загазованности на рабочих местах. Газоанализаторы и газосигнализаторы в зависимости от условий применения и типа анализируемого вещества построены на различных принципах и имеют различную чувствительность. Приборы, имеющие высокую чувствительность, определяют воздушные загрязнения на уровне предельно допустимых концентрация, на уровне взрывных и огнеопасных концентраций дают световой или звуковой сигнал при достижении соответствующего уровня концентраций. Отбор на анализ на содержание газов, паров и пыли проводит специально обученный персонал в соответствии с требованиями технических условий на определение вредных веществ в воздухе.

Автоматические методы обязательно должны применяться в случаях применения взрывоопасных веществ и веществ 1 и 2 класса опасности.

Запыленность воздуха (концентрация пыли) можно определить прямым или косвенным методом. Прямой метод заключается в отборе пробы запыленного воздуха и взвешивании осаждаемых частиц с последующим отнесением их массы к единице объема воздуха.

Для разработки мероприятий по обеспечению безопасных условий работы необходим систематический контроль уровня запыленности воздуха. Методы контроля запыленности подразделяются на 2 группы: метод А – с выделением дисперсной фазы из аэрозоля (весовой или гравиметрический и счетный или кониметрический), метод Б – без выделения дисперсной фазы (фотоэлектрические, электрометрические, оптические, радиационные и т.д.).

Для определения запыленности весовым (гравиметрическим) методом измерения проводят путем определения привеса пыли на специальном фильтре, через который пропускают фиксированное количество запыленного воздуха из воздуховода или газохода. Отношение массы привеса пыли на фильтре к объему отфильтрованного воздуха определяют концентрацию пыли.

Счетный метод заключается в определении числа и размеров пылинок в 1 см^3 воздуха. Для отбора пробы применяют счетчики пыли – кониметры.

К автоматическим приборам определения концентрации пыли относятся серийно выпускаемые промышленностью ИЗВ-1, ИЗВ-3 (измеритель запыленности воздуха), ПРИЗ-1 (переносной радиоизотопный измеритель запыленности) ИКП-1 (измеритель концентрации пыли) и другие.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГАЗОВАННОСТИ ВОЗДУХА

Описание и принцип действия универсального переносного газоанализатора УГ-2

Определение концентрации в воздухе газов и паров вредных веществ с помощью газоанализатора УГ-2 (рис. 1а) осуществляется по линейно-колориметрическому методу. При этом концентрация определяемого вещества прямо пропорциональна длине окрашенного столбика индикаторной трубки.

На газоанализаторах с помощью предварительно сжатого сильфона производятся просасывание фиксированного объема загрязненного воздуха через индикаторные стеклянные трубки, заранее заполненные специальным индикаторным порошком. По градуировочной шкале, по длине окрашенного столбика порошка в индикаторной трубке определяют концентрацию примеси в воздухе.

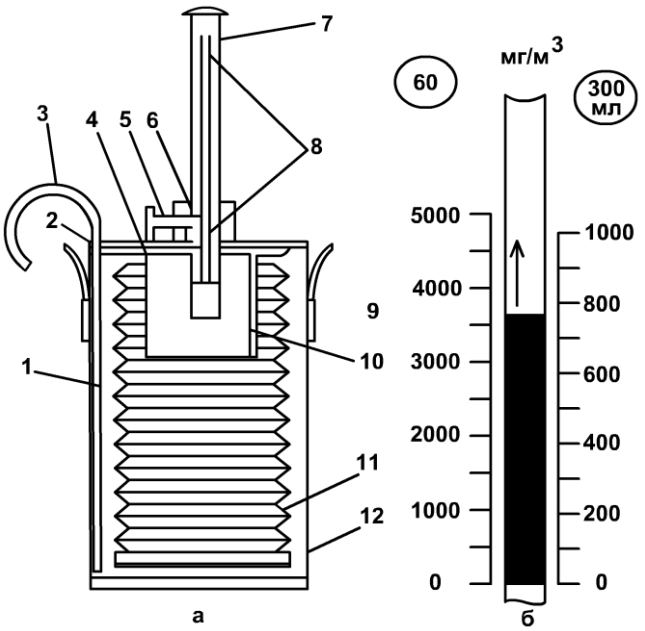


Рисунок 1 – Универсальный переносной газоанализатор УГ-2
а) воздухозаборное устройство; б) шкала.
1,3 – трубки резиновые; 2 – штуцер; 4 – плита; 5 – фиксатор; 6 – втулка;
7 – шток; 8 – канавка; 9 – кольцо распорное; 10 – пружина; 11 – сильфон; 12 – корпус

В закрытой части корпуса (12) воздухозаборного устройства (рис. 1а) находится резиновый сильфон (11) с двумя ранцами и стакан с пружиной (10). Во внутренних гофрах сильфона установлены распорные кольца (9) для придания сильфону жесткости и сохранения постоянного объема. На верхней плите (4) расположена подвижная втулка (6) для направления штока (7) при сжатии сильфона. На штуцер (2) с внутренней стороны надета резиновая трубка (1), которая через

нижний фланец соединяется с внутренней полосью сильфона. К свободному концу трубки (3) при анализе присоединяется индикаторная трубка.

Исследуемый воздух через индикаторную трубку просасывается после предварительного сжатия сильфона штоком. На гранях (под головкой) штока обозначены объемы просасываемого при анализе воздуха. На цилиндрической поверхности штока предусмотрены четыре продольные канавки с двумя углублениями (8), служащими для фиксации двух положений штока фиксатором (5). Расстояние между углублениями на канавках подобрано таким образом, чтобы при ходе штока от одного углубления к другому сильфон забирал заданный объем исследуемого воздуха. Длина окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке пропорциональна содержанию измеряемого вещества в исследуемом воздухе и измеряется по специально градуированной шкале (рис. 1б). По шкале определяется также требуемый объем просасываемого воздуха.

Порядок измерения концентрации с помощью УГ-2

Для определения концентрации вредного вещества в исследуемом воздухе необходимо:

1) вставить шток (7) во втулку (6) сильфона, повернув его стороной с выбранным объемом пробы (объем указан под головкой штока) к фиксатору (5).

2) отвести фиксатор и нажатием руки ввести шток во втулку до верхнего углубления в направляющей канавке. Опустить фиксатор.

3) оставить в резиновую трубку (3) индикаторную трубку и отпустить кнопку фиксатора (5). При необходимости определения концентрации вредных веществ в газовой камере индикаторную трубку соединяют с трубкой газовой камеры и открывают кран на газовой камере.

4) время просасывания исследуемого воздуха через индикаторную трубку определяют по таблице.

5) отсоединить индикаторную трубку и по соответствующей шкале определить концентрацию исследуемого газа (она соответствует высоте окрашенного слоя индикатора). Сравнить полученные результаты с величиной ПДК (табл. 1, приложение) для данного вещества. Сделать вывод.

6) вынуть шток (7) из втулки (6) и поместить его в гнездо прибора.

Вид исследуемого вещества определяет преподаватель.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

Описание лабораторной установки

Установка (рис. 2) включает следующие основные элементы: аспиратор (1), фильтрующие патроны (2) с фильтром, пылевая камера (3) с исследуемым веществом. С помощью пылевой камеры имитируется рабочее помещение, внутри которого искусственно создается повышенная запыленность воздуха.

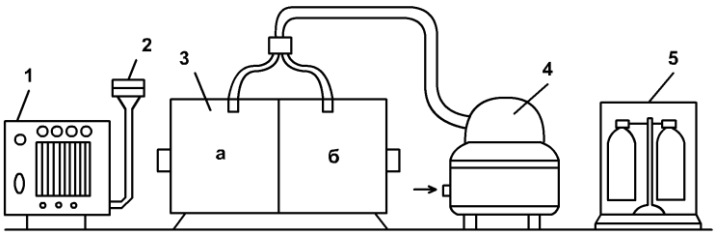


Рисунок 2 – Схема лабораторной установки

Для этого в камеру помещается навеска пыли, которая при опытах распыляется потоком воздуха от пылесоса (4). Отбор запыленного воздуха из камеры производится с помощью аспиратора, создающего разряжение. К аспиратору резиновой трубкой подключается фильтрующий патрон с фильтром (2). Аспиратор (1) (рис.2) смонтирован в металлическом корпусе и состоит из воздуходувки с электродвигателем и четырех ротаметров, служащих для измерения расхода отсасываемого воздуха. Каждый ротаметр состоит из стеклянной трубки и находящегося в нем поплавка. Трубки ротаметра градуированы от 1 до 20 л/мин. На передней панели аспиратора имеются штуцеры для присоединения резиновых трубок и ручки вентилей ротаметров для регулирования объемной скорости отсасываемого воздуха в фильтрующий

аэрозольный фильтр типа АФА-В-10, который вложен в бумажный фильтрдержатель; эффективность пылезадержания фильтров близка в 10%.

Фильтры взвешиваются до и после запыления на аналитических весах с точностью до 0,0001 г.

Время отбора пробы запыленного воздуха вычисляется по формуле:

$$t = a \cdot 1000 / ПДК \cdot \nu , \quad (1)$$

где а – минимально необходимый привес пыли на фильтре, мг (принимает[illegible]ным 1 мг); ν - скорость отбора пробы на фильтр, л/мин (в соответствии с заданием), ПДК – см. приложение 2.

Расчет запыленности воздуха производится по формуле:

$$C=(G_2-G_1)\ 1000 / \nu \cdot t, \quad мг/м^3 , \quad (2)$$

где С – весовая концентрация пыли, мг/м^3, G_1 – вес чистого фильтра, мг, G_2 – вес фильтра с пылью, мг, ν - скорость отбора воздуха, л/мин, t - продолжительность отбора пробы, мин.

Весовая концентрация пыли определяется в следующей последовательности:

1. Уточнить у преподавателя вид исследуемого вещества.
2. Взвесить фильтр на аналитических веса.
3. Вставить фильтр в фильтрующий патрон, соединить его резиновой трубкой с ротаметром аспиратора.
4. Включить аспиратор в сеть, установить необходимую скорость отсасывания воздуха путем вращения рукоятки вентиля.
5. Выключить аспиратор. Присоединить фильтрующий патрон к пылевой камере.
6. Включить пылесос на 3 сек, подавая воздух в пылевую камеру, приводя пыль во взвешенное состояние.
7. Включить одновременно аспиратор и секундомер. Произвести отбор пробы пыли. Время отбора пробы вычисляется по формуле (1) или задается преподавателем.
8. После отбора пробы в течение расчетного времени выключить аспиратор, извлечь фильтр из патрона и взвесить его на аналитических весах.
9. Рассчитать концентрацию пыли по формуле (2), дальше занести результаты в протокол.
10. Для гигиенической оценки запыленности воздуха на рабочем месте определить её предельно допустимую концентрацию, класс опасности (приложение, табл. 2), сравнить фактическую концентрацию с ПДК, сделать вывод.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать следующие данные:

1. Название работы и цель работы.
2. Основные понятия и формулы.
3. Краткая характеристика приборов, используемых в работе.
4. Результаты измерений, расчеты, выводы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что понимается под вредным веществом? По каким признакам подразделяются вредные вещества?
2. Что такое кумуляция? Какие бывают виды кумуляции?
3. Что такое предельно-допустимая концентрация? В каких средах устанавливается предельно-допустимое содержание вредных веществ?
4. Какие методы используются для определения запыленности и загазованности воздуха?
5. Каков механизм действия вредных веществ на организм человека?
6. Что такое токсичность, и как вредные вещества классифицируются по токсичности?
7. От каких факторов зависит токсичность веществ?
8. Что такое пыль на производстве, назовите признаки ее классификации.
9. Как нормируются вредные вещества?
10. Что такое ОБУВ?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

Цель работы: определение интенсивности теплового излучения на рабочем месте в зависимости от расстояния нагреваемой поверхности до источника тепла, и оценка эффективности защитных экранов.

Производительность труда и самочувствие рабочих во многом зависят от состояния окружающей среды и прежде всего от изменения температуры, влажности, скорости движения воздуха, атмосферного давления и теплового излучения.

Микроклимат различных производственных помещений характеризуется рядом особенностей. Так, на химических, пищевых, машиностроительных предприятиях имеют место низкие температуры (сборочные цеха, зерновые элеваторы, зерносклады), высокие температуры в сочетании с высокой влажностью (кондитерские фабрики, сахарные заводы, гальванические цеха, сушильные отделения), значительным выделением тепла (прессовые отделения, литейные и термические цеха и др.).

Связь состояния работающего с условиями микроклимата объясняется исходя из терморегуляции организма - комплекса физиологических процессов, обеспечивающих поддержание постоянной температуры тела независимо от условий окружающей среды.

Механизм терморегуляции обеспечивает отвод избытка тепла от тела человека, величина которого зависит от степени физической нагрузки и составляет от 300 кДж / г в состоянии покоя до 1700 кДж / г при тяжелой работе.

Отдача тепла от тела человека в окружающую среду осуществляется конвекцией, испарением влаги с поверхности тела, теплопроводностью, через одежду, нагреванием вдыхаемого воздуха и излучением (лучеиспусканием). Соотношение количества тепла, отдаваемого каждым из перечисленных видов теплоотдачи, зависит от величин параметров окружающей среды, а излучение тепла - еще и от температуры поверхности окружающих предметов и распространяется в направлении от человека, если эта температура ниже температуры поверхности одежды (до 27-31°С) и открытых частей тела (33 -34°С). При увеличении температуры окружающих поверхностей доля лучистого тепла падает, а при 30-35°С лучеиспускание полностью прекращается (при более высоких температурах оно идет в противоположном направлении, т.е. приводит к нагреванию тела человека). Таким образом, температура 30°С является граничной, а помещения, в которых температура под воздействием теплоизлучения постоянно или периодически (более 1 суток) превышает $+35^0$ С, называются ***жаркими помещениями.***

Лучистая энергия, попадая на человека, воздействует на незащищенные участки тела, при этом может происходить нарушение теплового баланса и, как следствие, возникновение заболевания, называемого тепловой гипертермией. Действие лучистого тепла не ограничивается изменениями, происходящими на отдельных участках кожи - на облучение реагирует весь организм. В нем возникают биохимические изменения, наступают нарушения нервной и сердечно - сосудистой систем.

Тепловой эффект воздействия облучения зависит от многих факторов, таких как спектр излучения, интенсивность потока облучения, расстояние до источника, размер излучающей поверхности и облучаемого участка тела и др.

Наибольшей проникающей способностью обладают инфракрасные лучи с длиной волны до 1,5 мкм (не поглощаются кожным покровом), а наиболее резко действуют на кожу лучи с длиной волны от 1,5 до 3 мкм. Однако в реальных условиях излучение имеет непрерывный спектр. Максимум интенсивности зависит от температуры источника: по мере роста температуры, в соответствии с законом Вина, максимум перемещается в сторону более коротких волн (рис. 1).

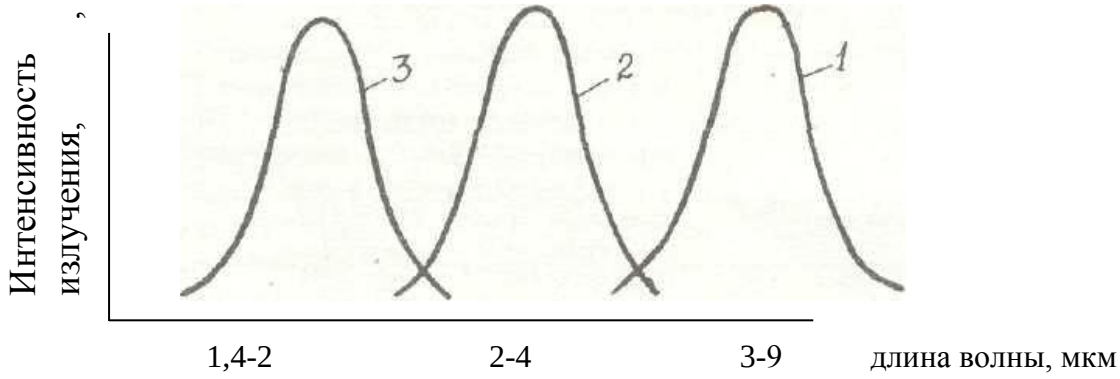


Рисунок 1 – Зависимость максимума от температуры источника,^{0}С:
1 -500;2-1200; 3-1800
ХТ = 0,29,
где Х- длина волны, мкм; Т - температура излучающей поверхности, °С.

Тепловой эффект, как отмечалось выше, зависит от интенсивности излучения и длительности воздействия на организм человека. Известно, что интенсивность менее 0,7 кВт / м^2 не вызывает неприятного ощущения, если действует в течение нескольких минут, а свыше 3,5 кВт/м^2 уже через 2 с вызывает чувство жжения. Характер воздействия лучистой энергии на человека и переносимость ее при непрерывном облучении представлены в табл.1.

Таблица 1 – Характер воздействия лучистой энергии на человека и переносимость ее организмом

Энергия облучения, кВт / м^2	**Характер воздействия**	Переносимость, с
1	2	3
0,28 - 0,35	слабое	неопределенно долго
0,35 - 1,05	умеренное	180 - 300
1,05 - 1,6	среднее	40-60
1,6-2,1	значительное	20-30
2,1 - 2,8	высокое	12-24
2,8 - 3,5	сильное	8-10
более 3,5	очень сильное	2-5

В зависимости от интенсивности облучения условия труда подразделяются на три класса (табл. 2).

Таблица 2 – Классификация условий труда в зависимости от интенсивности инфракрасного облучения

Характеристика работ	Условия труда
Облучение до 0,35 кВт/м^2 в северных и среднем климатических поясах и до 0,7 кВт/м независимо от климатического пояса	нормальные (небольшое облучение)
Облучение до 4,9 кВт/м^2 независимо от климатического пояса	неблагоприятные
Облучение свыше 4,9 - 5,6 кВт/м^2 и независимо от климатического пояса	особо неблагоприятные

Допустимая облученность на постоянных рабочих местах зависит от температуры воздуха рабочей зоны и температуры источника (рис. 2).

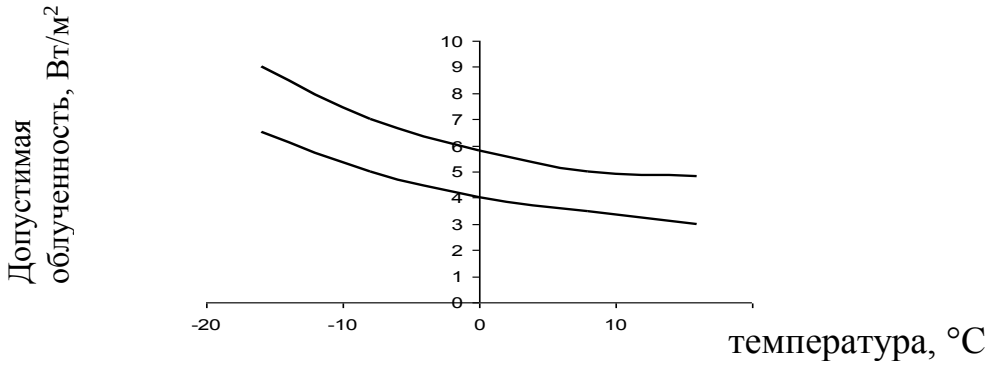


Рисунок 2 – Допустимая интенсивность облучения на постоянных рабочих местах при температуре источника: 1- более 1000 К; 2 - менее 1000 К

Следует отметить, что интенсивность излучения изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния.

Производственные источники по характеру излучения можно разделить на четыре группы:

1. С температурой излучающей поверхности до 500°С (паропроводы, сушильные установки, низкотемпературные аппараты, наружная поверхность различных печей и др.); их спектр содержит длинные инфракрасные лучи с длиной волны 3,7 - 9,3 мкм.

2. С температурой поверхности от 500 до 1300°С (открытое пламя, открытые проемы нагревательных печей и топок, нагретый металл - слитки, заготовки, расплавленный чугун и бронза и др.); их спектр содержит преимущественно инфракрасные лучи с длиной волны 1,9 - 3,7 мкм, но появляются и видимые лучи.

3. С температурой 1300 - 1800°С (открытые проемы плавильных печей, расплавленная сталь и др.); их спектр содержит как инфракрасные лучи вплоть до коротких с длиной волны 1,2-1,9 мкм, так и видимые большой яркости.

4. С температурой выше 1800°С (пламя электродуговых печей, сварочных аппаратов и др.); их спектр излучения содержит, наряду с инфракрасными и видимыми, также ультрафиолетовые лучи с длиной волны 0,4-0,76 мкм.

Интенсивность теплового потока на рабочих местах отдельных производств дана в Приложении 1.

Защита от теплового излучения в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" обеспечивается различными методами.

Все методы делятся на четыре группы:

1. Методы, устраняющие источник тепловыделений (герметизация оборудования, максимальная механизация и автоматизация технологических процессов с выводом работающих из «горячих зон», оптимальное размещение оборудования и рабочих мест, автоматический контроль и сигнализация).

2. Методы, облегчающие теплоотдачу тела человека (вентиляция, душирование и др.).

3. Методы, защищающие от лучистой энергии (экранирование).

4. Индивидуальная зашита.

В соответствии с «Санитарно-эпидемиологические правила Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" теплозащитные средства должны обеспечивать тепловую облученность на рабочих местах не более 0,35 кВт/м^2 и температуру поверхности оборудования не выше 308 К (35°С) при температуре внутри источника теплоты до 373 К (100°С) и не выше 318 К (45°С) при температуре внутри источника более 373 К (100°С).

Воздушное душирование применяется при воздействии на работающего теплового облучения интенсивностью более 0,35 кВт / м^2. При интенсивности облучения свыше 2,1 кВт / м^2 совместно с душированием применяют другие методы - теплоизоляцию, экранирование и др.

Теплоизоляция горячих поверхностей снижает температуру излучающей поверхности и уменьшает как общее выделение теплоты, так и лучистую его часть. Ассортимент теплоизоляционных материалов велик, они подразделяются на неорганические (минеральная и стеклянная вата, шамот, ячеистые бетоны и др.) и органические (древесноволокнистые, торфяные, пробковые плиты).

Для изоляции оборудования с температурой теплоносителя выше 100°С материалы применяются только неорганические. Обычно для теплоизоляции применяются материалы, теплопроводность которых при температурах 50-00°С не превышает 0,2 Вт / (м ·/ К). При выборе теплоизоляционных материалов принимают во внимание прочность и плотность материала. Материалы с одинаковой плотностью не всегда имеют одинаковую теплопроводность, т.к. теплоизолирующие свойства зависят не только от объема воздуха в порах, но главным образом от равномерности распределения воздуха в материале.

В том случае, когда теплоизоляция не позволяет достичь на поверхности оборудования 45°С, осуществляют его экранирование.

Теплозащитные экраны применяют для локализации источников лучистой теплоты, уменьшения облученности на рабочих местах и снижения температуры поверхностей, окружающих рабочее место. Ослабление теплового потока за экраном обусловлено его поглотительной и отражательной способностью.

Эффективность теплозащитного экрана оценивается долей задержанной теплоты и определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \cdot 100\% = \frac{m-1}{m} \cdot 100\%$$

где E_1, E_2 - интенсивность теплового потока на рабочем месте соответственно до и после установки экранов; m - кратность ослабления теплового потока, равная E_1/ E_2.

Различают теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны (Приложение 2).

По степени прозрачности они делятся на непрозрачные, полупрозрачные и прозрачные.

К непрозрачным относятся металлические водоохлаждающие и футерованные асбестовые, алюминиевые экраны. К полупрозрачным - экраны из металлической сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой. К прозрачным относятся экраны из различных стекол - силикатного, кварцевого и органического, пленочные водяные завесы, свободные и стекающие по стеклу. Непрозрачные и прозрачные экраны могут орошаться водяной

пленкой. Для каждого вида экрана в справочной литературе приводятся допустимые значения температуры и интенсивности облучения, а также эффективности при применении.

Непрозрачные футерованные экраны могут применяться при интенсивности облучения до 10 кВт/м^2 , асбестовые - до 3 кВт/м^2, эффективность их составляет соответственно 30 и 60 % . Футерованные теплоотводящие экраны (орошаемые водой) могут применяться при любой интенсивности и эффективность их возрастает.

Полупрозрачные экраны применяются в тех случаях, когда экран не должен препятствовать наблюдению или вводу через него инструмента, материала. Применяют сетки при интенсивности потока до 0,35-1,05 кВт/м^2, эффективность составляет 35-75% в зависимости от количества слоев. Цепные завесы более эффективны (70 %), диапазон их применения -0,7-5 кВт / м^2.

Прозрачные экраны изготавливаются из различных стекол, причем эффективность их зависит от спектрального состава излучения. При длине волны излучения более 5 мкм используют обычное стекло толщиной до 1 мкм, при длине волны 2,8 – 5 мкм - бесцветное стекло толщиной 5 мм. При длине волны излучения 0,75 – 2,8 мкм применяется теплозащитное стекло толщиной 5-6 мм.

Эффективность экранов из стекол зависит от температуры источника: наибольшую эффективность при температуре до 1100°С имеет органическое стекло толщиной 6-8 мм, выше 1100°С - закаленное окрашенное в массе.

Прозрачные теплоотводящие экраны (водяные и вододисперсные завесы) применяют для экранирования рабочих окон печей, т.е. там, где через экран необходимо вводить инструмент или заготовки.

Тонкие водяные пленки (до 15 мм) заметно поглощают лучи с длиной волны более 1,9 мкм, а сильно - более 3,2 мкм. Поэтому они эффективны для источников с температурой до 800°С. При толщине воды 15-20 мм полностью поглощаются лучи с длиной волны более 3,2 мкм. Экраны из стекла со стекающей водой имеют эффективность до 90 % и могут применяться при интенсивности 1,75 кВт/м^2. Коэффициент эффективности вододисперсных завес постоянен в диапазоне длин волн 1-3 мкм и достигает 70 %. Рекомендуется к применению при интенсивности облучения до 3,5-7 кВт/м^2.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Описание установки и приборов

На рис. 3 изображена установка для определения интенсивности лучистой энергии и снижения ее цепной и водяной завесой, которая состоит из следующих основных узлов: секции завес 9 , гидроагрегата 16 , корпуса 18 , панели управления 14.

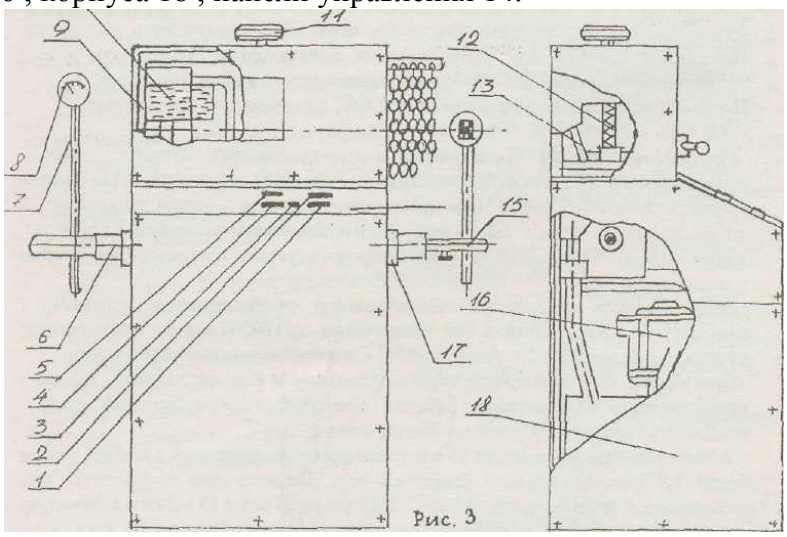


Рисунок 3 – Установка для определения интенсивности лучистой энергии

Источником лучистой энергии служит нагревательное устройство, состоящее из спирали накаливания 12.

Секция завес состоит из ванночки 10, в которую из бака нагнетается вода, слив воды из ванночки, для образования завесы, происходит по направляющим стержням 13 в сливной коробок, по которому вода снова подается в бак. Секция завес еще состоит из трех рядов висящих металлических цепей, установленных на поворотных кронштейнах, которые дают возможность устанавливать их на пути излучения в один, два или три ряда.

Лучистую энергию направляют к одной из завес при помощи отражателя, поворот которого осуществляется ручкой 11.

Корпус установки состоит из каркаса, защитных листов и штанг 15 для штатива 7, актинометра 8.

При необходимости вылет штанг может меняться. Для определения расстояния между источником излучения и актинометром на штангах стоят указатели 6.

На пульте управления находятся 4 кнопки. Включение насоса производится кнопкой 2 «Пуск», а его отключение – кнопкой 1 «Стоп». Сбоку помещен автоматический выключатель 17. Включение литания сигнализируется лампочкой 3, включение и отключение спиралей накаливания производятся кнопками 4 и 5.

Измерение интенсивности тепловых излучений иначе называют ***актинометрией*** (от греческих слов aktis , aktinos - луч и inertio -меряю, измеряю).

Приборы, с помощью которых производят определение интенсивности излучения, называются ***актинометрами*** (рис. 4).

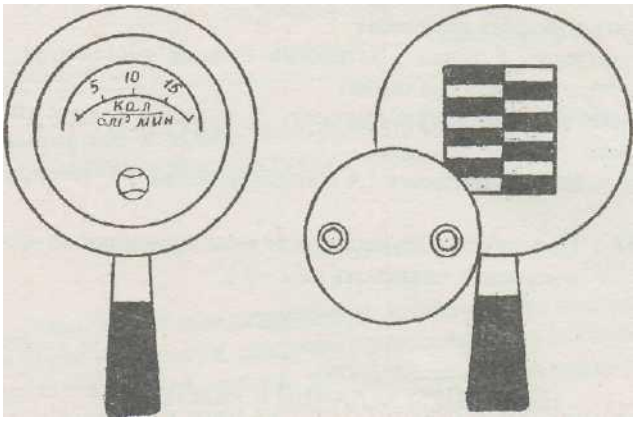


Рисунок 4 – Внешний вид передней и задней панели актинометра

Измерение теплового излучения можно производить также с помощью парного термометра. Термоэлементы изготовлены в виде термобатарей из пластинок, спаянных между собой. Горячие спаи термобатарей окрашены в черный цвет, а холодные спаи - окрашены в белый цвет - 2. Вследствие этого, находясь в одинаковых условиях к потоку лучистой энергии, горячие спаи, окрашенные в черный цвет и поглощающие 98 % тепла, будут иметь более высокую температуру, чем холодные спаи, окрашенные в белый цвет, отражающие 92 % лучистой энергии.

Под воздействием различной степени нагретости горячих и холодных спаев в термоэлементах возникает электрический ток, который отклоняет подвижную часть гальванометра и прикрепленную к ней стрелку. Шкала актинометра отградуирована в калориях. Диапазон измерения от 0 до 20 кал / см^2 ·мин.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Перед выполнением работы необходимо уточнить задание у преподавателя и привести в рабочее состояние установку:

1. Включить питание установки выключателем 17.
2. Включить питание насоса, нажав кнопку 2.
3. Кнопкой 5 включить источник лучистой энергии.
4. С помощью актинометра измерить интенсивность излучения на разных расстояниях от источника, меняя положение штанги 6.

5. Устанавливать поочередно 1,2,3 ряда цепных завес (в соответствии с заданием), прогревая их каждый раз перед измерением 6-7 минут замерить интенсивность излучения.

6. Перенести штангу 6 влево, установив нужное расстояние, измерить интенсивность излучения без завесы.

7. Создать водяную завесу, отрегулировать ее толщину кренов 19, измерить интенсивность.

8. Выключить установку кнопками 1,4 и выключателем 17.

ВНИМАНИЕ! При работе с актинометром термоприемник во время измерений открывать на 2 - 3 с.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К РАБОТЕ

ВАРИАНТ I

I. Измерить с помощью актинометра интенсивность теплового излучения (кал / см г • мин) при различных расстояниях до источника излучения без экрана и 1,2,3 рядами цепных завес, результат измерения перевести в кВт/м: (1 кал / см^2 • мин е 0,7 кВт/м^2), данные занести в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты испытания

Условия измерения	Интенсивность теплового излучения, кВт/м^2 при следующих расстояниях до источника излучения					
	0	50	100	150	200	250
При отсутствии защитных экранов						
При наличии одного ряда цепей						
При наличии двух рядов цепей						
При наличии трех рядов цепей						

2. Построить график зависимости E = f (1) . Все кривые начертить на одном графике.

3. Рассчитать эффективность защитных экранов у для расстояния до источника излучения - отметка «0» , Данные занести в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты расчета

№	Материал экрана	Расстояние до источника излучения, мм	Эффективность экрана - Е
	Сталь-3	0	

4. Сделать вывод об эффективности защитных экранов, характере воздействия и допустимой переносимости облучения.

ВАРИАНТ 2

1. Измерить с помощью актинометра интенсивность теплового излучения (кал / см^2 · мин) при различных расстояниях до источника излучения без экрана и с водяной завесой, результат измерения перевести в кВт / м^2 . Данные занести в табл. 5.

Таблица 5 – Результаты испытания

Условия измерения	Интенсивность теплового излучения, кВт / м^2, при следующих расстояниях до источника излучения					
	0	50	100	150	200	250

При отсутствии защитных экранов						
При включенной водяной завесе						

2. Построить график зависимости E = f (l). Все кривые начертить на одном графике.

3. Рассчитать эффективность защитного экрана γ для расстояния до источника излучения - отметка «100». Данные занести в табл. 6.

Таблица 6 – Результаты расчета

№	Материал экрана	Расстояние до источника излучения, мм	Эффективность экрана
	Вода	100	$\gamma = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \cdot 100$

4. Сделать вывод об эффективности защитного экрана, характере воздействия и переносимости облучения.

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА О РАБОТЕ

1. Отчет должен содержать:
2. Краткий конспект теоретической части.
3. Результаты измерения интенсивности излучения на разных расстояниях от источника излучения при отсутствии и наличии защитных экранов, представленных в виде таблиц.
4. Кривые зависимости E = f (l) по результатам измерения. Расчет эффективности защитных экранов.
5. Вывод об эффективности защитных экранов, о характере воздействия излучения.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

Без разрешения преподавателя установку не ***включать!***

При установке цепных завес пользоваться специальным крючком на деревянной ручке.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как осуществляется передача тепла от человека в окружающую среду?
2. Как действуют различные виды излучения на организм человека?
3. Чем характеризуются профзаболевания рабочих, связанных с продолжительным нахождением в зоне воздействия на человека?
4. От каких факторов зависит эффект воздействия тепла на человека?
5. На какие группы подразделяются производственные источники лучистой энергии?
6. Какая величина облучения считается переносимой в соответствии СанПиН 1.2.3685-21?
7. Классификация условий труда в зависимости от интенсивности ИК облучения.
8. На чем основан принцип работы актинометра?
9. Методы защиты человека от лучистого тепла.
10. Как определяется эффективность защитного экрана?
11. Теплоизоляция оборудования, принцип ее устройства.
12. Дайте характеристику теплозащитных экранов.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Цель работы: изучить основные принципы нормирования метеорологических условий на рабочем месте, приборы и методы контроля метеорологических параметров, оценить полученные значения на основе действующих санитарных норм.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Большое влияние на организм человека в производственных условиях оказывают метеорологические условия, или микроклимат. Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, который определяется сочетанием следующих параметров: температуры Т (^{0}С), относительной влажности φ (%), скорости движения воздуха υ (м/с), температуры окружающих поверхностей (интенсивности теплового излучения) и барометрического давления Р (мм рт. ст.).

Все параметры микроклимата исследуются и нормируются для рабочей зоны. Рабочая зона – пространство высотой 2-3 м над уровнем пола или площадки, на которой находится место временного пребывания рабочих. Постоянным местом работы считается место, на котором работающий находится более 50% своего рабочего времени или более 2 часов непрерывно.

Процесс образования тепла в организме человека в результате протекания биохимических процессов называется теплообразованием, процесс отдачи тепла в окружающую среду – тепловыделением. При равенстве теплообразования и тепловыделения человек чувствует себя комфортно, при этом температура тела поддерживается постоянной на уровне 36,5-37^{0}С. Если это равновесие нарушается, то наступает либо перегревание, либо переохлаждение организма.

Постоянная температура тела поддерживается благодаря терморегуляции. Терморегуляция – совокупность физиологических и химических процессов в организме человека, направленных на поддержание постоянной температуры тела в широком диапазоне изменений метеорологических факторов.

Терморегуляция – физиологический процесс, находящийся под контролем центральной нервной системы.

Различают химическую и физическую терморегуляцию. Химическая достигается снижением уровня обмена веществ при угрозе перегревания организма и усилением обмена веществ при охлаждении. Однако роль химической терморегуляции в тепловом равновесии организма с внешней средой невелика по сравнению с физической терморегуляцией, которая регулирует отдачу тепла в окружающую среду.

Отдача тепла организмом в окружающую среду может происходить тремя путями:

- в виде инфракрасных лучей в направлении окружающих предметов с более низкой температурой (лучеиспусканием);
- конвекцией;
- испарением влаги с поверхности тела и слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

Соотношение между различными видами отдачи тепла может изменяться в зависимости от метеорологических факторов и их сочетания, суммарное же количество отдаваемого тепла при данной интенсивности мышечной работы остаётся почти постоянным. Количество отдаваемого тепла увеличивается при усилении мышечной работы, сопровождаемой увеличением теплообразования.

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21, все работы по тяжести подразделяются на три категории:

Первая категория – лёгкие физические работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического физического напряжения или поднятия тяжестей. Энергозатраты составляют до 172 Дж/с (150 ккал/ч). В категорию Iа входят работы, выполняемые сидя или стоя, без перемещения тяжестей. В категорию Iб – работы, связанные с ходьбой.

Вторая категория – работы средней тяжести, расход энергии составляет 172-293 Дж/с (150...250 ккал/ч). В категорию IIа входят работы, связанные с постоянной ходьбой, с перемещения тяжестей до 1 кг. В категорию IIб – работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей.

Третья категория включает тяжёлые работы, связанные с систематическим напряжением, с постоянными передвижениями и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей. Энергозатраты составляют более 293 Дж/с (250 ккал/ч).

В соответствии с указанным стандартом устанавливаются оптимальные и допустимые микроклиматические условия в зависимости от категории выполняемой работы и периода года (приложение 1).

Оптимальные микроклиматические условия – сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают наиболее благоприятные условия для высокой работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия – сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать проходящее и быстронормализующееся изменение функционального состояния и напряжение реакций терморегуляции, не выходящее за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться ощущения теплового дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

Периоды года разделяются на холодный (среднесуточная температура наружного воздуха ниже $+10^0$С) и тёплый (среднесуточная температура $+10^0$С и выше.

Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на самочувствие работающего. Благоприятные (комфортные) метеорологические условия на производстве являются важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и профилактике заболеваний. Несоблюдение гигиенических норм микроклимата снижает работоспособность человека, повышает опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе профессиональных.

Высокая температура воздуха на рабочем месте в сочетании с высокой влажностью или, наоборот, чрезмерной сухостью воздуха может привести к перегреванию организма и вызвать нарушение терморегуляции между организмом человека и внешней средой. При этом у человека могут возникнуть болезненные явления: головокружение, тошнота, потеря сознания и др.

При низких температурах и повышенной влажности может быть переохлаждение организма, что способствует возникновению различных заболеваний (ревматизм, грипп и т.д.), высокая подвижность воздуха в рабочей зоне производственных помещений (сквозняки) также приводит к простудным заболеваниям.

Движение воздуха в помещении является важным фактором, влияющим на самочувствие человека. В жарком помещении движение воздуха способствует увеличению отдачи тепла организмом и улучшению его состояния, но оказывает неблагоприятное воздействие при низкой температуре воздуха в холодное время года. Минимальная скорость движения воздуха, ощущаемая человеком, составляет 0,2 м/с. В зимнее время года скорость движения воздуха не должна превышать 0,3...0,5 м/с, в летнее – 0,5...1,0 м/с. В горячих цехах допускается увеличение скорости обдува рабочих (воздушное душирование) до 3,5 м/с. Скорость воздуха также оказывает влияние на распределение вредных веществ в помещении.

Жизнедеятельность человека может проходить в довольно широком диапазоне давлений, порядка 550...950 мм рт. ст., для здоровья человека опасно быстрое изменение давлений, а не сама величина этого давления.

При выполнении некоторых специальных работ (устройство туннелей, подводные работы), где требуется повышенное давление воздуха, устанавливается сокращённый рабочий день и обеспечивается постепенный переход от одного давления к другому путём устройства специальных переходных камер.

Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Повышенная влажность затрудняет терморегуляцию вследствие снижения испарения пота, а слишком низкая влажность вызывает пересыхание оболочек дыхательных путей. Особенно неблагоприятно сочетание высокой температуры и влажности воздуха. В этом случае теплоотдача через кожу резко снижается.

Влажность воздуха характеризуется величинами: W (г/м^3), φ (%).

Абсолютная влажность W – максимальное количество водяных паров (в граммах), которое содержится в 1 м^3 воздуха при данной температуре.

Относительная влажность φ – отношение количества водяных паров, фактически содержащихся в данном объёме воздуха, к максимально возможному при данной температуре.

Количество водяных паров, которое соответствовало бы максимальному насыщению водяными парами воздуха при данной температуре, называется влагоёмкостью воздуха.

Влагоёмкость воздуха является функцией температуры, с повышением последней она резко увеличивается.

Обычно в производственных помещениях определяют относительную влажность. Санитарными нормами установлена минимально допустимая относительная влажность в помещении – 30%, максимальная – 75%, оптимальная влажность – 40...60%.

Метеорологические условия производственной среды являются комфортными, если обеспечивают хорошее самочувствие рабочих и оптимальные условия для работы.

Измерить комфортность (тепловое ощущение) человека какими-либо физическими величинами невозможно, поэтому необходима величина, которая определяла бы тепловое ощущение человека и в то же время являлась функцией величин, характеризующих состояние среды (t, φ, υ).

Для оценки тепловых ощущений человека введены условные единицы измерения в виде так называемых температур: эффективной и эффективно-эквивалентной.

Под эффективной температурой (ЭТ) понимают температуру насыщенного неподвижного воздуха, обладающего такой же охлаждающей способностью, как воздух с заданными значениями температуры и влажности. Другими словами, эффективная температура – температура, ощущаемая человеком при определённой относительной влажности и отсутствии движения воздуха в помещении.

Эффективно-эквивалентной температурой называется температура, ощущаемая человеком при относительной влажности и движении воздуха. Определяется ЭТ и ЭЭТ по номограмме (приложение 2) для различных сочетаний параметров. Однако этот метод является приближенным, т.к. не учитывает действие таких факторов, как тяжесть, напряжённость труда и др.

Описание и устройство приборов для измерения и контроля параметров метеорологических условий

Стационарный психрометр (рис.1) состоит из двух одинаковых ртутных термометров, один из которых сухой, а другой влажный.

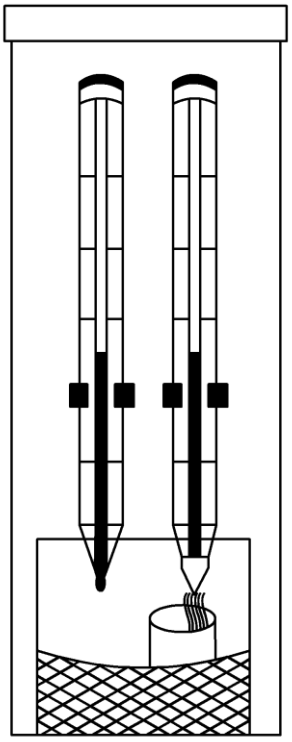


Рисунок 1 – Стационарный психрометр

Резервуар влажного термометра гигроскопической тканью связан со стаканчиком, заполненным дистиллированной водой. Сухой термометр показывает температуру окружающего воздуха, а влажный - более низкую температуру, величина которой зависит от скорости испарения воды с обёрнутого тканью резервуара. По соотношению этих температур определяют влажность воздуха в помещении. Кроме того, для измерения влажности применяют гигрометры, гигрографы, а также аспирационный психрометр Ассмана. Принцип его работы, как и у стационарного психрометра, основан на разности показаний сухого и влажного термометров в зависимости от влажности окружающего воздуха.

Аспирационный психрометр состоит из двух одинаковых ртутных термометров 1 (рис. 2), резервуары которых помещены в трубки защиты 2. Эти трубки соединены с воздухопроводными трубками 3, на верхнем конце которых укреплён аспирационный блок с крыльчаткой 5, заводимый ключом 4. (Привод крыльчатки может быть от электродвигателя).

Перед работой резервуар правого термометра, обёрнутый батистом, смачивается дистиллированной водой при помощи пипетки.

Затем ключом 4 заводят пружину вентилятора психрометра. При этом снизу засасывается воздух, который обтекает резервуары термометров. Благодаря этому сухой термометр показывает температуру этого потока воздуха, а показания смоченного термометра будут меньше, так как он будет охлаждаться вследствие испарения воды с поверхности ткани. Показания с термометров снимаются не ранее, чем через 3-4 минуты.

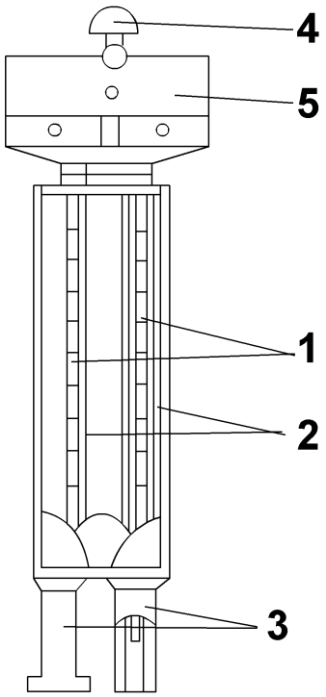


Рисунок 2 – Аспирационный психрометр

Относительную влажность можно определить различными способами. Величина абсолютной влажности определяется по формуле:

$$W = F_{вл} – 0,5\ (T_{сух} – T_{вл}) \cdot (P/755),$$

где $F_{вл}$ - максимальная влажность при температуре влажного термометра $T_{вл}$ (берётся из приложения 3); $T_{сух.}$; $T_{вл}$ – температуры, показанные соответственно сухим и влажным термометрами, ^{0}C; P – барометрическое давление, мм рт. ст.

Относительная влажность воздуха определяется по следующей формуле:

$$\varphi = (W / F_{сух}) \cdot 100,$$

где φ – относительная влажность, %; $F_{сух}$ – значение максимальной влажности при температуре сухого термометра $T_{сух}$ (берётся из приложения 3).

Кроме расчетного способа относительную влажность можно определить по психрометрической таблице (приложение 4) или психрометрическому графику (рис. 1 G приложения 5).

Определение относительной влажности по психрометрическому графику производится следующим образом: по вертикальным линиям отмечают показания сухого термометра, по наклонным – показания смоченного термометра; на пересечении этих линий получают значения относительной влажности, выраженные в процентах. Линии, соответствующие десяткам процентов, обозначены на графике цифрами: 20, 30, 40, 50 и т.д. Влажность можно также определить с помощью гигрометра (рис. 3).

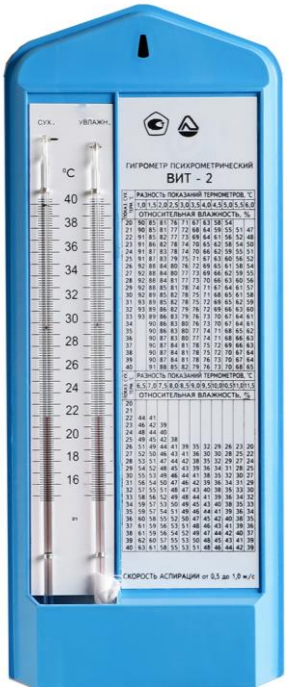


Рисунок 3 – Гигрометр ВИТ-2 психрометрический

Гигрометром пользуются для прямого определения относительной влажности воздуха. В основу его устройства положена способность человеческого волоса (благодаря гигроскопичности) удлиняться во влажном и укорачиваться в сухом воздухе.

Гигрографы используют для регистрации на ленте изменения относительной влажности во времени.

Для определения температуры в обычных условиях используются термометры (ртутные или спиртовые), термографы (регистрирующие на ленте изменения температуры за определённое время).

Для определения скорости движения воздуха применяются крыльчатые и чашечные анемометры.

Крыльчатый анемометр (рис. 4) применяется для измерения скоростей движения воздуха в диапазоне от 0,3 до 5 м/с. Ветроприёмником анемометра служит крыльчатка 1, насаженная на один конец, который закреплён на подвижной опоре, второй – через червячную передачу передаёт вращение редуктора счётного механизма 2. Его циферблат имеет три шкалы: тысяч, сотен, единиц. Включение и выключение механизма производится арретиром 3. Чувствительность прибора 0,2 м/с.

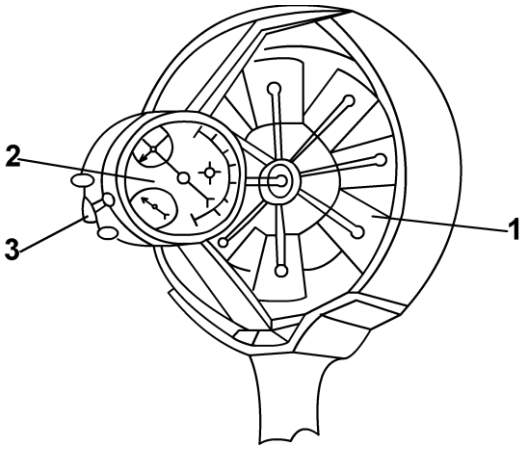


Рисунок 4 – Крыльчатый анемометр

Чашечный анемометр (рис.5) служит для измерения скорости движения воздуха от 1 до 20 м/с.

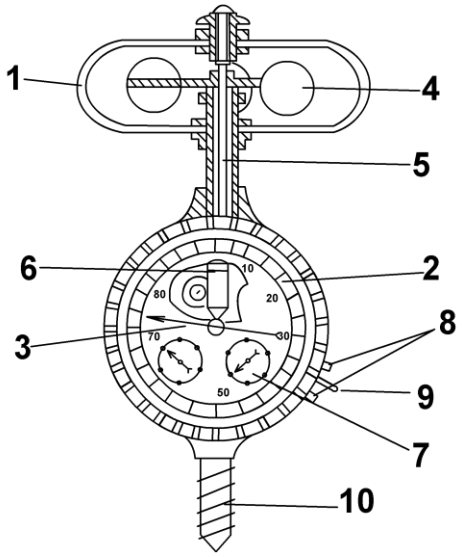


Рисунок 5 – Чашечный анемометр

Ветроприёмником анемометра служит четырёхчашечная вертушка 4, насаженная на ось 5, вращающаяся в опорах. На нижнем конце оси 5 нарезан червяк 6, связанный с редуктором, передающий движение трём указывающим стрелкам. Циферблат 2 имеет, соответственно, шкалы единиц, сотен, тысяч. Червяк 6 через червячное колесо и триб передаёт движение центральному колесу, на оси которого закреплена стрелка 3 шкалы единиц. Триб центрального колеса через промежуточное колесо приводит во вращение малое колесо, на оси которого насажена стрелка шкалы сотен. От малого колеса через второе промежуточное колесо вращение передаётся второму малому колесу, ось которого несёт на себе стрелку шкалы тысяч 7.

Включение и выключение механизма производится арретиром 9, один конец которого находится под изогнутой пластинчатой пружиной, являющейся подпятником червячного колеса. Для выключения счётного механизма арретир 9 проворачивают по часовой стрелке.

Другой конец арретира при этом поднимает пластинчатую пружину, которая, перемещая ось колеса, выводит червячное колесо из зацепления с червяком 6.

Ветроприёмник анемометра защищён крестовиной из проволочных дужек, служащей также для крепления верхней опоры оси ветроприёмника.

Для определения скорости движения воздуха, измеренной с помощью анемометра (крыльчатого и чашечного), используется формула:

$$\upsilon = \frac{C_2 - C_1}{\tau},$$

где υ – скорость движения воздуха, дел. /с; C_1, C_2 – соответственно начальные и конечные показания анемометра, дел. τ – продолжительность измерения, с.

Чтобы перевести значение скорости движения дел. /с в м/с, следует воспользоваться графиками к данному анемометру (рис. 2 П, 3 П приложения 5). Для этого на оси графика отыскивают число, соответствующее числу делений в секунду, от этой точки проводится горизонтальная линия до пересечения с линией графика, а из полученной точки проводится вниз вертикальная линия до пересечения с осью абсцисс. Эта точка даёт искомую скорость движения воздушного потока м/с.

Для измерения малых скоростей движения воздуха (менее 0,5 м/с), применяют термоанемометры и кататермометры.

Для измерения барометрического давления в данной работе применяется барометр-анероид (рис. 5). Пределы измерения атмосферного давления от 600 до 800 мм рт. Ст. при температуре от минус 10 до плюс 40^0С. Цена деления шкалы 0,5 мм рт. Ст.

Определение ЭТ и ЭЭТ осуществляется следующим образом (приложение 2). С помощью линейки соединяют точки на шкалах номограммы, соответствующие показателям сухого и мокрого термометров психрометра. В месте пересечения полученной линии с линией, соответствующей скорости движения воздуха, будет находиться ЭТ (при υ = 0) или ЭЭТ (при υ = 0+3,5 м/с).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определить температуру, относительную влажность (тремя способами) и скорость движения воздуха на рабочем месте. Сравнить полученные значения с нормированными значениями (приложение 1), дать оценку микроклимата. Результаты занести в протокол исследований.

2. С помощью номограммы (приложение 2) определить эффективную и эффективно-эквивалентную температуры. Результаты измерений занести в протокол исследований.

Определение влажности воздуха с помощью психрометра Ассмана

1. Смочить с помощью пипетки батист на резервуаре термометра за четыре минуты до начала измерений. Для этого заполняют пипетку дистиллированной водой до чёрточки или, если чёрточка отсутствует, не ближе, чем на 1 см до края пипетки, затем пипетку вводят до отказа во внутреннюю трубку защиты психрометра и смачивают ткань. Выждав некоторое время, не вынимая пипетки из трубки, вбирают излишнюю воду в резиновый баллон и вынимают пипетку.
2. Завести вентилятор психрометра до отказа и на 4-й минуте снять показания сухого и мокрого термометров.
3. Определить относительную влажность по психометрической таблице, психрометрическому графику и аналитически. Результаты записать в протокол исследований.
4. Полученные данные сравнить с нормированными значениями.

Определение скорости движения воздуха с помощью чашечного анемометра

1. Перед измерением записать начальное показание счётчика по всем шкалам.
2. Включить вентилятор. Расположить перед ним анемометр.
3. Включить механизм анемометра арретиром на 1 минуту.
4. Через 1 минуту выключить механизм анемометра и вентилятор.
5. Записать показания счётчика анемометра. Определить разность показаний в дел/с.
6. По графику (рис. 2 П приложения 6) перевести скорость из дел/с в м/с, результаты свести в протокол исследований.

Определение температуры и барометрического давления

Для определения температуры и барометрического давления воспользоваться сухим термометром и барометром. Показания приборов занести в протокол исследований.

Определение эффективной (ЭТ) и эффективно-эквивалентной (ЭЭТ) температуры

ЭТ и ЭЭТ определяются по номограмме (приложение 2). ЭТ определяется при скорости движения воздуха, равной 0, ЭЭТ – при скорости, измеренной с помощью анемометра. Для этого соединяют точки, соответствующие температурам сухого и влажного термометров, и определяют точку пересечения полученной прямой с линией, соответствующей нужной скорости.

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчёт должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Основные понятия и формулы.
3. Название приборов, используемых в работе.
4. Результаты измерений в виде таблицы.
5. Выводы о состоянии микроклимата в момент исследования в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21

Таблица 1 – Результаты испытания

Показатели	Ед. измерения	Опытные данные	Нормированные значения параметров микроклимата	
			Оптим.	Допуст.
Температура воздуха:				
- по сухому термометру	^{0}C			
- по влажному термометру				
Относительная влажность	^{0}C			
- расчётная				
- по психрометрической таблице (приложение 4)	%			
- по психрометрическому графику (рис. 1 П приложения 5)				
Число делений анемометра				
- до опыта				
- после опыта	дел/с			
Продолжительность опыта				
Скорость движения воздуха	м/с			
- « -				
Барометрическое давление	мм рт.ст.			
Эффективная температура	^{0}C			
Эффективно-эквивалентная температура	^{0}C			

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какими основными параметрами характеризуется микроклимат производственных помещений?
2. Дайте определение понятиям абсолютной, максимальной и относительной влажности.
3. Как влияет изменение влажности в рабочем помещении на человека?
4. Каким образом происходит передача тепла с поверхности тела человека во внешнюю среду?
5. Что такое терморегуляция? Каковы основные факторы, способствующие терморегуляции?
6. Каково влияние изменения барометрического давления на организм человека?
7. Опишите принцип работы стационарного психрометра и психрометра Ассмана.
8. Как производится измерение скоростей движения воздушного потока? Устройство и принцип действия анемометров.
9. Назовите действующие нормативные документы по оценке состояния воздушной среды рабочей зоны.
10. Как подразделяются все работы в зависимости от общих энергозатрат организма человека? Дайте их краткую характеристику.
11. Что означают понятия «оптимальные и допустимые микроклиматические условия»?
12. Назовите способы терморегуляции в организме человека.
13. Опишите принцип действия актинометра.
14. В чём отличие психрометра Ассмана от психрометра Августа?
15. Какие мероприятия обеспечивают нормальный микроклимат в производственных помещениях?

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ РАБОЧИХ МЕСТ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ И ЕСТЕСТВЕННОМ ОСВЕЩЕНИИ

Цель работы: ознакомить студентов с основными методами расчета искусственного освещения, а также с правилами нормирования и контроля освещенности на рабочих местах.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Одним из важнейших элементов условий труда является освещение. Правильно выполненная система освещения играет существенную роль в снижении производственного травматизма, уменьшая потенциальную опасность многих производственных факторов, создает нормальные условия работы, повышает общую работоспособность. Так, увеличение освещенности от 100 до 1000 лк при напряженной зрительной работе способствует повышению производительности труда на 10-20%, снижению количества несчастных случаев на 30%.

Для создания благоприятных и безопасных условий труда необходимо не только обеспечить достаточную освещенность рабочих поверхностей, но и создать соответствующие качественные показатели освещения, такие как равномерность распределения светового потока, блесткость, фон, контраст объекта с фоном, направление света и т.д.

Для освещения производственных, служебных, бытовых помещений используют естественный свет и свет от источников искусственного освещения. При нормировании освещенности и расчетах систем освещения следует руководствоваться нормативно-технической документацией.

Основные светотехнические величины, единицы и методы измерения

Из большого диапазона длин волн электромагнитных излучений, известных науке (от долей миллиметра до тысяч километров), светотехника изучает лишь небольшую область спектра, называемую оптической и содержащую ультрафиолетовые, видимые и инфракрасные излучения. Особый интерес внутри оптической области спектров представляют излучения с длинами волн в пределах 0,38 – 0,77 мкм, воспринимаемые человеческим глазом как свет.

Каждой длине волны соответствует определенный цвет излучения: от разных оттенков красного цвета в длинноволновой части спектра, до оттенков сине-фиолетового цвета - в коротковолновой.

Энергия видимых излучений воздействует на светочувствительные элементы глаза и производит световое ощущение, интенсивность которого зависит от мощности излучения и длины волны. Это обстоятельство объясняется разной чувствительностью глаз к излучениям с различными длинами волн. При одинаковой мощности излучений каждой из длин волн наибольшее световое ощущение возникает при излучении желто-зеленого цвета с длиной волны 554 нм. Синее излучение той же мощности воспринимается примерно в 20, в красной - в 50 раз слабее.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным относятся: световой поток (F), сила света (I), освещенность (E) и яркость поверхности (L), коэффициенты отражения (ρ), пропускания (τ) и поглощения (β).

К качественным показателям можно отнести: блесткость, фон, контраст объекта с фоном, показатель дискомфорта, коэффициент пульсации освещенности.

Количественные показатели:

Световой поток, F - мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению, воспринимаемому человеческим глазом; за единицу светового потока принят люмен (лм) (световой поток стеариновой свечи – 10-15 лм, электрической лампы накаливания мощностью 25 Вт, 220 В - 220 лм).

Сила света, I- световой поток, исходящий от источника и распространяющийся внутри элементарного телесного угла ω, отнесенный к этому телесному углу, или пространственная плотность светового потока.

За единицу силы света принята кандела (кд).

Освещенность, E - поверхностная плотность светового потока, падающего на освещаемую поверхность S.

$$E = \frac{dF}{dS}.$$

За единицу освещенности принят люкс (лк).

Яркость поверхности L в направлении α - отношение силы света I, излучаемого поверхностью в этом направлении, к проекции светящейся поверхности dS на плоскость, перпендикулярную данному направлению.

$$L_{\alpha} = \frac{dI_{\alpha} \times \cos\alpha}{dS}$$

Единицей яркости служит кандела на квадратный метр (кд/м^2).

Яркость освещенных поверхностей зависит от их световых свойств, от степени освещенности и угла, под которым поверхность рассматривается.

Коэффициент отражения ρ - отношение отраженного светового потока $F_{отр}$ к падающему на поверхность световому потоку $F_{пад}$.

$$\rho = \frac{F_{отр}}{F_{пад}}.$$

Коэффициент пропускания, τ - отношение прошедшего через поверхность светового потока $F_{пр}$ к падающему на поверхность световому потоку $F_{пад}$.

$$\tau = \frac{Fпр}{F_{пад}}.$$

Коэффициент поглощения, β - отношение поглощенного светового потока $F_{погл}$ к падающему на поверхность световому потоку $F_{пад}$.

$$\beta = \frac{Fпогл}{F_{пад}}.$$

Все эти коэффициенты безразмерные и измеряются в долях единицы ($\rho+\tau+\beta=1$) или в процентах.

Качественные показатели:

Блесткость. Различают блесткость прямую, возникающую от ярких источников света, и отраженную от поверхностей с зеркальным отражением.

Блесткость вызывает чрезмерное раздражение и снижает чувствительность и работоспособность глаза. Ослабление блесткости обеспечивается подбором рационального направления светового потока на поверхность и заменой блестящих поверхностей матовыми.

Фон - поверхность, непосредственно прилегавшая к объекту различения, на которой он рассматривается (объект различения - наименьший размер рассматриваемого объекта). Фон считается светлым при $\rho > 0{,}4$, средним при $\rho = 0{,}2 \div 0{,}4$ и темным при $\rho < 0$.

Контраст объекта с фоном, K - отношение абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона (L_0-$L_ф$) к яркости фона:

$$K = \frac{L_0 - L_ф}{L_ф}.$$

Контраст считается большим при $K > 0{,}5$, средним при $K=0{,}2 \div 0{,}5$ и малым при $K < 0{,}2$.

Показатель дискомфорта, M - критерий оценки дискомфортной блесткости, вызывавший неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения.

Коэффициент пульсации освещенности $K_п$ - критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, который определяется отношением разности

максимального и минимального значения освещенности за период колебания (E_{max} - E_{min}) к среднему значению освещенности за тот же период и измеряется в процентах:

$$K_n = \frac{E_{max} - E_{min}}{2E_{ср}} \times 100\%$$

Для измерения и контроля освещенности применяют приборы, называемые люксметрами (люксметр Ю-116 и Ю-117), принцип действия которых основан на фотоэлектрическом эффекте (устройство и принцип измерения освещенности люксметром Ю-116 см. далее).

Для измерения яркости используют фотометры, в которых яркость поля прибора сравнивается с яркостью исследуемой поверхности.

Естественное освещение. Нормирование и методы расчета

При освещении производственных, бытовых и вспомогательных помещений используют естественное освещение, создаваемое светом солнца (прямым и отраженным). На долю видимого излучения из общего количества падающей на Землю лучистой энергии приходится около 52%, остальные 48% - на невидимое: тепловое, инфракрасное (43%) и ультрафиолетовое (5%). Важную роль играет именно ультрафиолетовое излучение, т.к. его отсутствие приводит к неблагоприятным отклонениям в организме. Солнечный свет оказывает биологически оздоравливающее и тонизирующее воздействие на человека. Для него характерна высокая рассеянность, это благоприятно для зрительной работы.

По конструктивным особенностям естественное освещение подразделяется на верхнее (через фонари и световые проемы в покрытии зданий), боковое (через проемы в наружных стенах) и комбинированное.

Величина естественной наружной освещенности имеет большие колебания как по временам года, так и по часам суток, зависит от погоды и облачности. В связи с этим освещенность внутри зданий изменяется в широких пределах, поэтому для помещений регламентируют не абсолютные значения естественной освещенности, а относительный показатель - коэффициент естественной освещенности (КЕО или *е*), равный отношению естественной освещенности в какой-либо точке внутри помещения $E_{вн}$ к освещенности на открытом месте, создаваемой диффузным светом всего небосвода $E_{нар}$.

$$e = \frac{E_{вн}}{E_{нар}} \times 100,$$

КЕО выражается в процентах.

КЕО является нормируемой величиной ($e_н$) и основной величиной для расчета естественного освещения помещений. $e_н$ устанавливают в зависимости от светового пояса, характера и разряда зрительной работы, а также от вида естественного освещения производственных помещений (см. приложение).

Установлено 5 поясов светового климата. Нормированные значения КЕО в СП 52.13330-2011 даны для III пояса, для I, II, IV, V поясов рассчитываются по формуле:

$$e^{I,II,IV,V} = e_н^{III} \times c \times m \ ,$$

где: e^{III}_H – нормированное значение КЕО для зданий, располагаемых в III поясе;

с- коэффициент солнечности климата, зависящий от ориентации зданий относительно сторон света, определяется по таблицам СНиП 23-05-95 и колеблется от 0,65 до 1;

m - коэффициент светового климата, зависит от светового пояса, определяется также по таблицам СП, колеблется от 0,8 до 1,2.

Разряды зрительных работ (от I до IV) устанавливаются в зависимости от наименьшего размера (мм) объекта различения при его расположении на расстоянии не более 0,5 м от глаза работающего (см. приложение) и вида работ.

(Нормы освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях даны в приложении).

Для определения соответствия естественной освещенности в помещении требуемым нормам освещенность измеряют при верхнем и комбинированном освещении - в различных точках помещения с последующим усреднением; при боковом - на наименее освещенных рабочих местах. Одновременно измеряют наружную освещенность и полученные путем расчета КЕО сравнивают с нормативным.

Расчет естественного освещения сводится к определению площади световых проемов. Расчет выполняется по формуле:

$$\frac{S_o}{S_n} \times 100 = \frac{e_н \eta_o k_{зд}}{\tau_o r_1},$$

где S_o - площадь окон;

S_n - площадь пола;

$e_н$ - нормированное значение КЕО;

n_o - световая характеристика окон;

$k_{зд}$ - коэффициент, учитывающий затенение окон соседними зданиями;

τ_o - общий коэффициент светопропускания;

r_1 - коэффициент, учитывающий отражение света от внутренних поверхностей помещения.

В зависимости от вида освещения распределение освещенности по помещению будет неодинаковым. На рис.1 показано распределение КЕО по характерному разрезу помещения (характерный разрез помещения – плоскость, пересекающая помещение перпендикулярно поверхности окон).

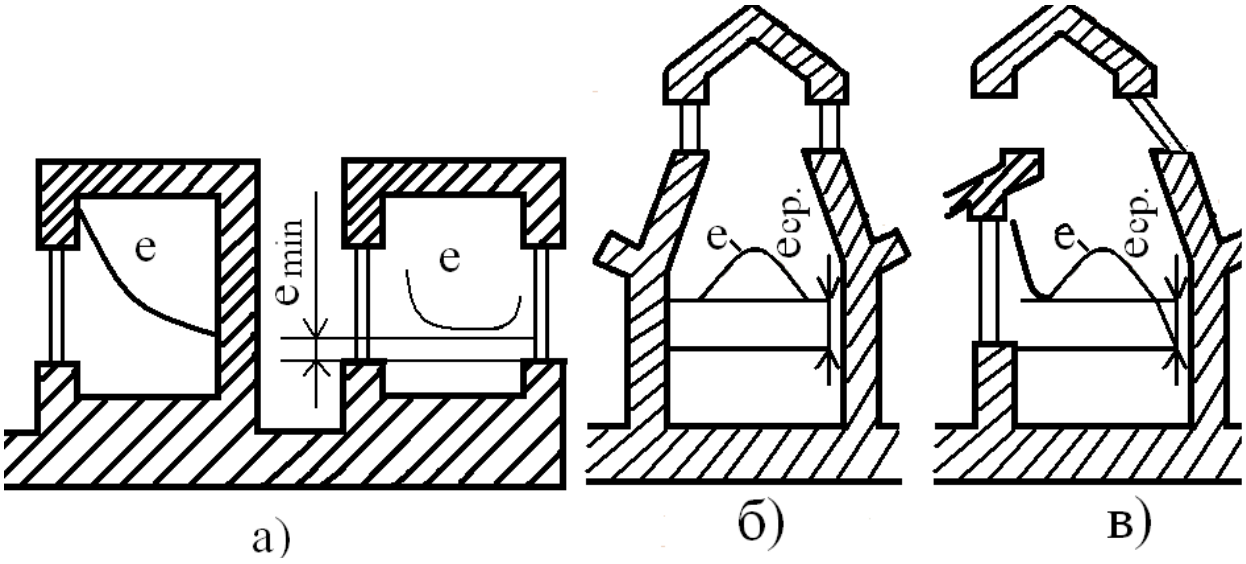


Рисунок 1 – Системы естественного освещения с распределением КЕО по разрезу помещения:

а – боковое одностороннее и двустороннее; б – верхнее; в - комбинированное

Приближенно естественное освещение рассчитывают исходя из отношения площади световых проемов к площади пола (световой коэффициент). Для производственных цехов световой коэффициент находится в пределах 1/6-1/5.

Искусственное освещение, нормирование и методы расчета

Искусственнее освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное, дежурное и эвакуационное. Аварийное составляет *5%* от рабочего, но не менее *2* лк внутри зданий и не менее I

лк на территории предприятий. Эвакуационное - не менее 0,5 внутри и не менее 0,2 лк на территории предприятий.

Искусственное освещение может быть трех видов: общее (общее равномерное и общее локализованное), местное и комбинированное. При комбинированном освещении общее должно составлять не менее 10%.

Нормируемыми показателями при искусственном освещении являются освещенность (Е), показатель ослепленности (Р) и коэффициент пульсации ($К_п$). Минимальная освещенность устанавливается в зависимости от характера зрительной работы, контраста объекта с фоном и характеристики фона (см. приложение).

Задачей расчета систем искусственного освещения является определение мощности осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности.

При расчете систем искусственного освещения необходимо решить следующие вопросы:

1. Выбрать тип источника света (лампы накаливания, газоразрядные лампы).
2. Определить систему освещения (общая равномерная, общая локализованная и т.д.).
3. Выбрать тип светильника с учетом характеристик светораспространения, условий производственной среды и др.
4. Выбрать схему размещения светильников и рассчитать их количество.

Для расчета систем освещения используются три метода:

-метод светового потока (для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности);

-метод удельной мощности (для ориентировочных расчетов);

-точечный метод (для расчета общего локализованного освещения наклонных и вертикальных поверхностей.

Метод коэффициента использования светового потока

Расчет системы освещения с помощью данного метода сводится к определению либо числа светильников, либо мощности ламп с последующим определением суммарной мощности осветительной установки. Расчет производится по формуле:

$$F_л = \frac{E_н S_n k z}{\eta m n},$$

где $F_л$ - световой поток лампы, лм;

$E_н$ - нормированная минимальная освещенность, лк;

S_n - площадь помещения, м^2;

k - коэффициент запаса;

n - число светильников;

m - число ламп в светильнике;

η - коэффициент использования осветительной установки, определяется в зависимости от коэффициента отражения ρ и индекса помещения i (табл.1);

F - общий световой поток, лм.

Таблица 1 – Коэффициенты использования

Тип светиль-ника	Коэффициенты отражения			η, % при i:											
	потолка	стен	пола	1	1,1	1,25	1,5	1,76	2	2,25	2,5	3	3,5	4	5

ЛДОР	70	50	10	43	45	47	51	54	56	58	60	62	63	64	67
ДРЛ	50	30	10	41	43	47	50	53	56	57	59	60	61	63	66
Астра	70	50	10	49	50	52	55	52	60	62	64	66	68	70	73

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{AB}{H(A+B)},$$

где i – индекс помещения;

A и B – длина и ширина помещения;

H – высота подвеса светильника.

Расчет производится в следующей последовательности:

1) найти индекс помещения;
2) определить коэффициент использования;
3) рассчитать необходимый световой поток ламп;
4) выбрать мощность ламп и определить световой поток одной лампы по табл. 2 и 3;
5) рассчитать необходимое число светильников по формуле:

$$n = \frac{F}{mF_Л} = \frac{E_н Szk}{\eta m},$$

где F – световой поток осветительной установки, лм.

Таблица 2 – Световой поток ламп накаливания напряжением 220 В

Тип лампы	*Мощность, Вт*	Световой поток, лм
ВК	40	460
ВК	60	790
ВК	100	1450

Таблица 3 – Световой поток люминесцентных ламп напряжением 220 В

Тип ламп	Световой поток, лм, при мощности, Вт					
ЛД	590	920	1640	2340	3570	4070
ЛБ	750	1180	2100	3000	4550	5220

Метод удельной мощности

Расчет сводится к определению мощности ламп или количеству светильников по следующей формуле:

$$P_Л = \frac{WS}{n},$$

где n- число ламп;

W- удельная мощность светильника, Вт/м^2;

S – площадь помещения, м^2;

$P_л$ – мощность одной лампы, Вт.

Значение удельной мощности в зависимости от освещенности определяется по табл.4.

Расчет производится в следующей последовательности:

1) помещения удельная мощность;

2) рассчитывается требуемая мощность одной лампы;

3) полученную мощность округляют до мощности ближайшей стандартной лампы.

Таблица 4 – Удельная мощность, Вт/м^2, общего равномерного освещения для светильника ЛДОР

Площадь помещения, м^2	Освещенность, лк						
	75	100	150	200	300	400	500
10-17	17	20	33	40	68	80	100
17-25	12,2	16,3	24	32	49	65	81
25-35	10,5	14	21	28	42	56	71
35-50	8,9	11,8	17,7	24	35	48	59
50-80	7,5	10	15	20	30	40	50
80-150	6,3	8,4	12,5	16,8	25	33	42
150-400	5,3	6,8	10,5	13,5	21	27	33
400	4,4	5,9	8,9	11,8	17,7	24	30

Примечание: коэффициенты отражения потолка, пола, стен равны 0,5; 0,1; 0,3 при коэффициенте запаса 1,5.

Точечный метод

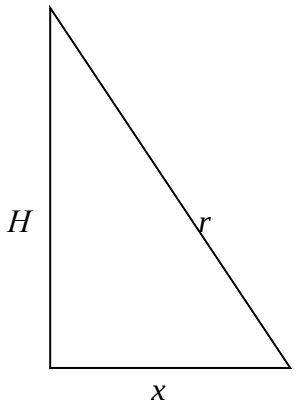
В основу точечного метода положено уравнение:

$$E = \frac{I_\alpha \cos\alpha}{r^2},$$

где I_α - сила света в направлении от источника на данную точку поверхности, кд;

r - расстояние от светильника до расчетной точки, м;

α - угол падения световых лучей, т.е. угол между лучом и перпендикуляром к освещаемой поверхности.



Т.к. $\cos\alpha = H/r$, тогда $r^2 = \frac{H^2}{\cos^2\alpha}$, $E = \frac{I_\alpha \cos^3\alpha}{H^2}$.

Расчет производится в следующей последовательности:

1) замерить величины *H* и *X*;

2) определяется tgα, равный $\mathrm{tg}\alpha = \frac{X}{H}$;

3) по $tg\alpha$ определяется < α и далее $cos^3\alpha$;

4) по мощности лампы определяется сила света по табл.5;

Таблица 5 – Характеристика ламп накаливания

Мощность лампы, Вт	Сила света, кд
40	26,8
60	43,0
100	79,6
150	136,0
200	220,0

5) рассчитывают освещенность в заданной точке.

Источники света. Светильники

В качестве источников света используют газоразрядные лампы (низкого и высокого давления типа ЛБ, АД, ЛТБ ЛХБ, ЛДЦ, ДРЛ и др.) и лампы накаливания (вакуумные (В), галогеновые (Г), биспиральные (Б) и др.). Сравнительные характеристики источников света приведены в табл. 6.

Совокупность источника света и осветительной арматуры представляет собой светильник. По распределению светового потока в пространстве различают светильники прямого, рассеянного и отраженного света, а по конструктивному исполнению – светильники открытые, закрытые, защищенные, пыленепроницаемые, влагозащитные, взрывозащищенные, взрывобезопасные. По назначению светильники делятся на светильники общего и местного освещения.

Таблица 6 – Сравнительные характеристики различных источников света

Источники света	Показатели	
	световая отдача, лм/Вт	срок службы, ч
Лампы накаливания:		
вакуумные	7-20	800-1000
галогеновые	30	до 3000
Газоразрядные лампы:		
низкого давления	75	до 10000
высокого давления	до 100	до 10000

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Варианты заданий

По рекомендации преподавателя студент выполняет одно из предлагаемых заданий и оформляет протокол исследований (табл. 7).

Таблица 7 - Протокол исследований

№ замера	Показания люксметра, лк	Поправочный коэффициент К	Коэффициент пересчета шкалы	Освещенность, лк	Коэффициент естественной освещенности, %	Характеристика зрительной работы	$e_н$ или $E_н$
1	2	3	4	5	6	7	8

Задание 1

1. Ознакомиться с устройством люксметра Ю-II6.

2. При естественном освещении замерить освещенность на рабочих местах, находящихся на различных расстояниях от окна (в плоскости, перпендикулярной поверхности окон).

3. Замерить освещенность наружную $E_{нар}$ (за окном). В случае невозможности определения $E_{нар}$ принять её равной 5000-6000 лк.

4. Рассчитать КЕО, начертить схему его распределения по характерному разрезу помещения.

5. Определить точность выполняемой работы и по СП 52.13330-2011 (см. приложение) – значение $e_н$. Сравнить $e_{факт}$ и $e_н$ и сделать вывод о соответствии освещенности требованиям СП.

Задание 2

1. Ознакомиться с устройством люксметра Ю-II6.

2. Замерить освещенность в помещении при искусственном освещении (в трех точках с последующим усреднением).

3. Определить по таблице СП 52.13330-2011 (см. приложение) разряд зрительной работы и $E_н$, сравнить $E_{факт}$ и $E_н$ и сделать вывод о соответствии освещенности требованиям СП.

Задание 3

1. Ознакомиться с устройством люксметра Ю-II6.

2. Замерить освещенность в помещении при совмещенном освещении на рабочих местах, находящихся на различных расстояниях от окна (в плоскости, перпендикулярной поверхности окон).

3. Замерить освещенность наружную $E_{нар}$ (за окном). В случае невозможности определения $E_{нар}$ принять её равной 5000-6000 лк.

4. Рассчитать КЕО, начертить схему его распределения по характерному разрезу помещения.

5. Определить точность выполняемой работы, нормированное значение освещенности – по СП 52.13330-2011 (см. приложение). Сравнить $E_{факт}$ с $E_н$, сделать вывод.

Описание люксметра и проведение замеров освещенности

Люксметр Ю-II6 состоит из измерителя – люксметра I и отдельного фотоэлемента 2 с насадками К/3/, М/4/, Р/5/, Т/6/, показанных на рис. 2.

Магнитоэлектрический миллиамперметр имеет две шкалы:

0 - 100 лк и 0 - 30 лк. На каждой шкале отмечено начало диапазона измерений. Прибор имеет корректор 7 для установки стрелки в нулевое положение. На боковой стенке корпуса измерителя слева расположена вилка 8 для присоединения селенового фотоэлемента. Селеновый фотоэлемент 2 находится в пластмассовом корпусе и присоединяется к измерителю шнуром с розеткой 9.

Для уменьшения косинусной погрешности применяется насадка «К» на фотоэлемент 2, состоящая из полусферы, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы и непрозрачного пластмассового кольца, имеющего сложный профиль. Насадка обозначена буквой «К», нанесенной на ее внутреннюю сторону. Эта насадка применяется только совместно с одной из трех насадок, имеющих обозначение соответственно «М» (4), «Р» (5), «Т» (6). Каждая из этих насадок образует совместно с насадкой «К» поглотители с коэффициентами ослабления соответственно – 10, 100, 1000 и применяются для расширения диапазона измерений прибора.

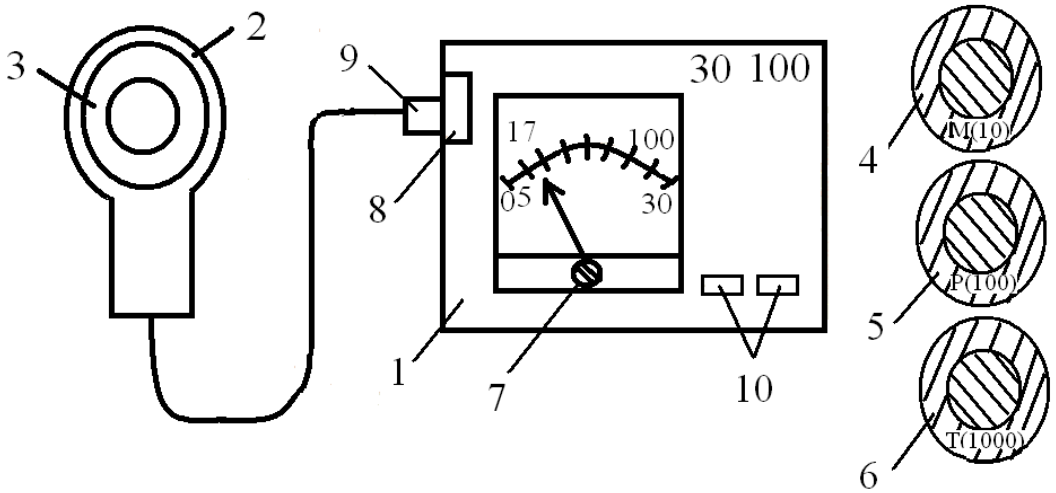


Рисунок 2 – Люксметр типа Ю-116: 1 – измеритель– люксметр; 2 – светоприемник (фотоэлемент); 3 – К – насадка «К»; 4 – М – насадка «М» (10); 5 – Р – насадка «Р» (100); 5 – Т – насадка «Т» (1000); 7 – корректор; 8 – вилка для присоединения фотоэлемента; 9 – розетка фотоэлемента; 10 – кнопки подключения рабочих шкал люксметра

Измерения следует проводить в следующей последовательности:

1. Проверить нулевое положение стрелки прибора, для чего фотоэлемент отсоединяют от прибора. В случае отклонения стрелки от нулевого положения корректором 7 устанавливают ее на нулевое деление шкалы.

2. Выбор диапазона измерений начинают с установки на фотоэлемент насадок «К» - «Т», далее сначала нажать правую кнопку – шкала 0 – 100, а затем левую – шкала 0 – 30. Если и в том и в другом случаях стрелка прибора отклоняется менее отметки на шкалах 17 и 5 соответственно, то необходимо:

- установить на фотоэлемент насадки «К» - «Р», повторить последовательность нажатия кнопок;
- установить на фотоэлемент насадки «К» - «М», повторить последовательность нажатия кнопок.

Если при насадках «К» - «М» и нажатой левой кнопке стрелка люксметра не доходит до 5 делений по шкале 0 – 30, измерения проводить без насадок с открытым фотоэлементом.

По окончании измерений:

1) отсоединить фотоэлемент от измерителя люксметра;
2) надеть на фотоэлемент насадку «Т»;
3) уложить фотоэлемент и насадку в крышку футляра.

КЕО рассчитывается по следующей формуле:

$$e = \frac{E_{вн}}{E_{нар}} \times 100,$$

где e – КЕО в данной точке помещения;

$E_{вн}$ – освещенность внутри помещения;

$E_{нар}$ – освещенность на открытом месте, создаваемая диффузным светом всего помещения (для расчета $E_{нар}$ принимается равной 5000 лк).

Для построения схемы распределения КЕО, по характерному разрезу помещения (зависимость КЕО от l) $E_{вн}$ измеряют по глубине помещения не менее чем в пяти точках, расположенных на уровне условной рабочей поверхности, отстоящей от пола на 0,8 м.

Замер освещенности от искусственных источников света производится: на заданном рабочем месте – при местном освещении, в трех разных точках помещения с последующим усреднением – при общем равномерном освещении.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1) название, цель работы, задание;
2) исходные определения и расчетные формулы;
3) таблицы измерений, рисунки;
4) выводы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какими качественными и количественными показателями характеризуется освещение?
2. На какие виды подразделяется производственное освещение?
3. Как нормируется естественное и искусственное освещение?
4. Какие методы предусмотрены для расчета систем освещения?
5. Какие источники света применяются для искусственного освещения помещений?
6. По каким признакам подразделяются светильники?
7. Какие мероприятия позволяют улучшать освещенность на рабочих местах?

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЙ ПРИ СТЕКАНИИ ТОКА В ЗЕМЛЮ

Цель работы: выявить закономерности и особенности растекания тока в землю и оценить опасность замыканий на земле

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Широкое применение электроустановок в производственных помещениях создает опасность поражения человека электрическим током. Всякое упорядоченное движение носителей зарядов называют ***электрическим током***. В металлах такими носителями являются электроны — отрицательно заряженные частицы с зарядом, равным элементарному заряду. За направление тока условно считают направление, противоположное направлению движения отрицательных зарядов. Опасность электрических поражений создает разнообразное оборудование: электрический привод машин и механизмов, электрооборудование подъемно-транспортных устройств, электронагревательная и сварочная аппаратура, осветительные установки, переносный электрифицированный инструмент и т. д. Причинами электротравм нередко бывают недостатки в конструкции и монтаже оборудования, недочеты эксплуатации, неудовлетворительная организация рабочих мест, недостаточный инструктаж и т. д.

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает *термическое, электролитическое и биологическое действие*, вызывая *местные* и *общие электротравмы (электрические удары)*.

Термическое действие выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов и других тканей.

Электролитическое действие выражается в разложении крови и других органических жидкостей, что вызывает значительные нарушения их физиохимических составов.

Биологическое действие выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц, а также нарушением внутренних биоэлектрических процессов организма.

Электрические травмы представляют собой четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги. В большинстве случаев электротравмы излечиваются, но иногда, при тяжелых ожогах, травмы могут привести к гибели человека.

Различают следующие электрические травмы: электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, электроофтальмия и механические повреждения.

Электрический ожог — самая распространенная электротравма. Ожоги бывают двух видов: токовый (или контактный) и дуговой.

Т о к о в ы й о ж о г обусловлен прохождением тока через тело человека в результате контакта с токоведущей частью и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую.

Различают четыре степени ожогов: I —покраснение кожи; II — образование пузырей; III — омертвение всей толщи кожи; IV — обугливание тканей. Тяжесть поражения организма обусловливается не степенью ожога, а площадью обожженной поверхности тела.

Токовые ожоги возникают при напряжениях не выше 1—2 кВ и являются в большинстве случаев ожогами I и II степени; иногда бывают и тяжелые ожоги.

Дуговой ожог. При более высоких напряжениях между токоведущей частью и телом человека образуется электрическая дуга (температура дуги выше 3500 °С и у нее весьма большая энергия), которая и причиняет дуговой ожог. Дуговые ожоги, как правило, тяжелые — III или IV степени.

Электрические знаки — четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, подвергнувшейся действию тока. Знаки бывают также в виде царапин, ран, порезов или ушибов, бородавок, кровоизлияний в кожу и мозолей. В большинстве случаев электрические знаки безболезненны и лечение их заканчивается благополучно.

Металлизация кожи — это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Это может произойти при коротких замыканиях, отключениях рубильников под нагрузкой и т.п. Металлизация сопровождается ожогом кожи, вызываемым нагревшимся металлом.

Электроофтальмия—поражение глаз, вызванное интенсивным излучением электрической дуги, спектр которой содержит вредные для глаз ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Кроме того, возможно попадание в глаза брызг расплавленного металла. Защита от электроофтальмии достигается ношением защитных очков, которые не пропускают ультрафиолетовых лучей, и обеспечивают защиту глаз от брызг расплавленного металла.

Механические повреждения возникают в результате резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей. К этому же виду травм следует отнести ушибы, переломы, вызванные падением человека с высоты, ударами о предметы в результате непроизвольных движений или потери сознания при воздействии тока. Механические повреждения являются, как правило, серьезными травмами, требующими длительного лечения.

Электрический удар — это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. В зависимости от исхода воздействия тока на организм электрические удары условно делятся на следующие четыре степени:

I — судорожное сокращение мышц без потери сознания;

II— судорожное сокращение мышц, потеря сознания, но сохранение дыхания и работы сердца;

III— потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);

IV— клиническая смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Причинами смерти в результате поражения электрическим током могут быть прекращение работы сердца, прекращение дыхания и электрический шок.

Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала; шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания провода на землю; появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки.

Случаи поражения человека током возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело человека или, иначе говоря, при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует некоторое напряжение.

Исход поражения человека электротоком зависит от многих ***факторов:*** силы тока и времени его прохождения через организм, сопротивления тела человека, характеристики тока (переменный или постоянный), пути тока в теле человека, при переменном токе — от частоты колебаний, схемы включения человека в цепь и т.д.

Ток, проходящий через организм, зависит от напряжения прикосновения, под которым оказался пострадавший, и суммарного электрического сопротивления, в которое входит сопротивление тела человека. Величина последнего определяется в основном сопротивлением

рогового слоя кожи, составляющее при сухой коже и отсутствии повреждений сотни тысяч Ом. Если эти условия состояния кожи не выполняются, то ее сопротивление падает до 1 кОм. При высоком напряжении и значительном времени протекания тока через тело сопротивление кожи падает еще больше, что приводит к более тяжелым последствиям поражения током. Внутреннее сопротивление тела человека не превышает нескольких сот Ом и существенной роли не играет. На сопротивление организма воздействию электрического тока оказывает влияние физическое и психическое состояние человека. Нездоровье, утомление, голод, опьянение, эмоциональное возбуждение приводят к снижению сопротивления. Характер воздействия тока на человека в зависимости от силы и вида тока приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Характер воздействия тока на человека (путь тока рука —нога, напряжение 220 В)

Ток, мА	Переменный ток, 50 Гц	Постоянный ток
0,6 - 1,5	Начало ощущения, легкое дрожание пальцев	Ощущений нет
2,0 - 2,5	Начало болевых ощущений	То же
5,0 - 7,0	Начало судорог в руках	Зуд, ощущение нагрева
8,0 - 10,0	Судороги в руках, трудно, но можно оторваться от электродов	Усиление ощущения нагрева
20,0.-25,0	Сильные судороги и боли, неотпускающий ток, дыхание затруднено	Судороги рук, затруднение дыхания
50,0 - 80,0	Паралич дыхания	То же
90,0 - 100,0	Фибрилляция сердца при действии тока в течение 2—3 с, паралич дыхания	Паралич дыхания при длительном протекании тока
300,0	То же, за меньшее время	Фибрилляция сердца через 2—3 с, паралич дыхания

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока через тело человека; при длительности действия более 10 с — 2 мА, при 10 с и менее — 6 мА. Ток, при котором пострадавший не может самостоятельно оторваться от токоведущих частей, называется *неотпускающим.*

Переменный ток опаснее постоянного, однако, при высоком напряжении (более 500 В) опаснее постоянный ток. Из возможных путей протекания тока через тело человека (голова — рука, голова —ноги, рука —рука, нога —рука, нога —нога и т. д.) наиболее опасен тот, при котором поражается головной мозг (голова—руки, голова — ноги), сердце и легкие (руки — ноги). Неблагоприятный микроклимат (повышенная температура, влажность) увеличивает опасность поражения током, так как влага (пот) понижает сопротивление кожных покровов.

При *гигиеническом нормировании* ГОСТ 12.1.038—82 устанавливает предельно допустимые напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека (рука — рука, рука — нога) при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц (табл. 2).

Наиболее характерными являются две схемы включения человека в электрическую цепь: между двумя проводами и между одним проводом и землей (рис. 1). Во втором случае предполагается наличие электрической связи между сетью и землей.

Таблица 2 – Предельно допустимые уровни напряжения и тока

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые уровни, не более, при продолжительности воздействия тока, Ia, с											
		0.01 - 0.08	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	Св. 1.0
Переменный, 50 Гц	Ua, В Ia, mA	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50	36 6
Переменный, 400 Гц	Ua, В Ia, mA	650	500	500	330	250	200	170	140	100	110	100	36 8
Постоянный	Ua, В Ia, mA	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40 15
Выпрямленный двухполупериодичный	Ua, В	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	-
Выпрямленный однополупериодичный	Ua, В	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	-

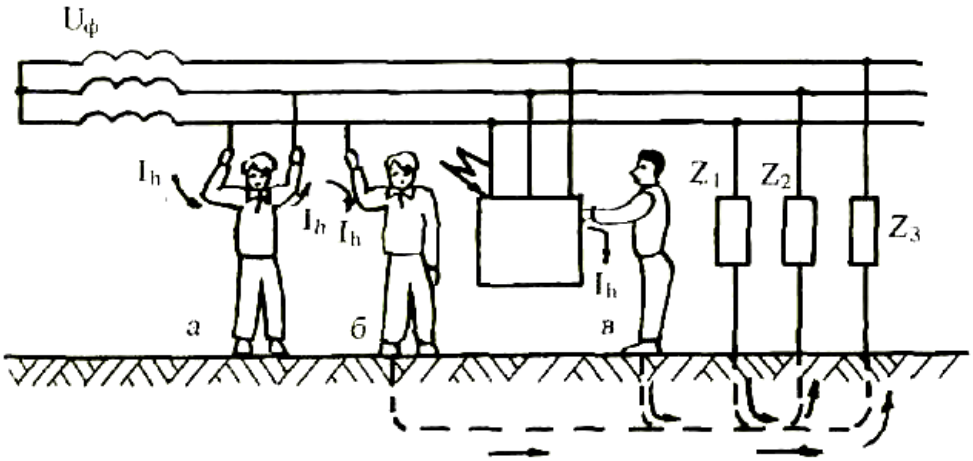


Рисунок 1 – Схемы включения человека в электрическую цепь:
а – двухфазное включение; *б, в* – однофазное включение

Применительно к сетям переменного тока первую схему *(а)* обычно называют двухфазным включением, а вторую *(б, в)* - однофазным.

Двухфазное включение, т.е. прикосновение человека одновременно к двум фазам, как правило, более опасно, поскольку к телу человека прикладывается наибольшее в данной сети напряжение — линейное, и поэтому через тело человека идет большой ток I_h, А:

$$I_h = \frac{1{,}73 \bullet U_{\hat{o}}}{R_h} = \frac{U_{\ddot{e}}}{R_h}, \qquad (1)$$

где $U_л$ - линейное напряжение, то есть напряжение между фазными проводами сети ($U_л = \sqrt{3} \cdot U_ф$), $U_ф$ - фазное напряжение, то есть напряжение между началом и концом одной обмотки источника тока (трансформатора, генератора) или между фазным и нулевым проводами, R_h- сопротивление тела человека.

Нетрудно представить, что двухфазное включение одинаково опасно в сети как с изолированной, так и заземленной нейтралью. При таком включении опасность поражения не уменьшается и в том случае, если человек надежно изолирован от земли (резиновые галоши, боты, диэлектрический коврик, деревянный пол).

Однофазное включение (рис.1 б, в*)* происходит значительно чаще, но является менее опасным, чем двухфазное, поскольку напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазного. Соответственно, меньше оказывается ток, проходящий через тело человека. На значение этого тока влияют режим нейтрали источника тока, сопротивление изоляции и емкость проводов относительно земли, сопротивление пола, на котором стоит человек, сопротивление его обуви и другие факторы.

ЯВЛЕНИЯ ПРИ СТЕКАНИИ ТОКА В ЗЕМЛЮ

При контакте проводника электрической сети с землей или корпусом электроустановки, имеющей связь с землей, возможно стекание тока в землю. Так как протекание тока возможно только в замкнутой электрической цепи, то стекание и, следовательно, протекание тока в земле будет иметь место только в том случае, если земля будет представлять собой участок замкнутой электрической цепи. Другими словами, если в какой-либо точке земли ток стекает в землю, то обязательно есть другая точка, в которой ток «вытекает» из земли.

Замыкание сопровождается протеканием через нее тока. Земля становится участком электрической цепи в зоне растекания тока, на которой из-за сопротивления земли падает напряжение и появляется разность потенциалов между отдельными точками ее поверхности.

Например, в сетях с изолированной нейтралью при контакте фазы А с землей (рис. 2) протекание тока через землю возможно только в том случае, если имеется контакт с землей и фазы В (или С). В этом случае образуется замкнутая электрическая цепь: фаза А, земля, фаза В.

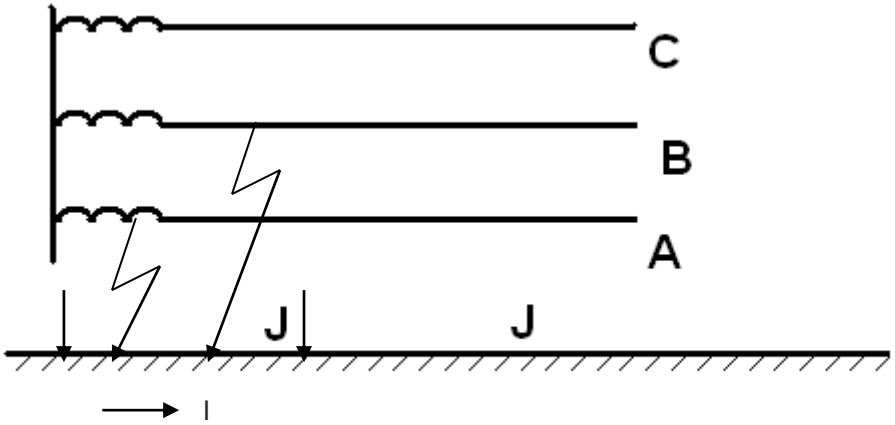


Рисунок 2 – Схема замыкания цепи на землю

Замкнутая электрическая цепь может иметь место и в том случае, когда явного контакта фазы В (или С) с землей нет, но сопротивление между землей и фазой В (или С) не равно бесконечности. В сетях с глухозаземленной нейтралью (рис. 3) при замыкании фазы на землю всегда образуется замкнутая электрическая цепь.

Контакт с землей проводника электрической сети или корпуса электроустановки может быть случайным или преднамеренным. В последнем случае проводник или группа проводников, находящиеся в контакте с землей, называются за*землителем*, а преднамеренное соединений корпуса электроустановки с заземлителем - *заземлением*. В обоих случаях можно наблюдать два явления — положительное и отрицательное.

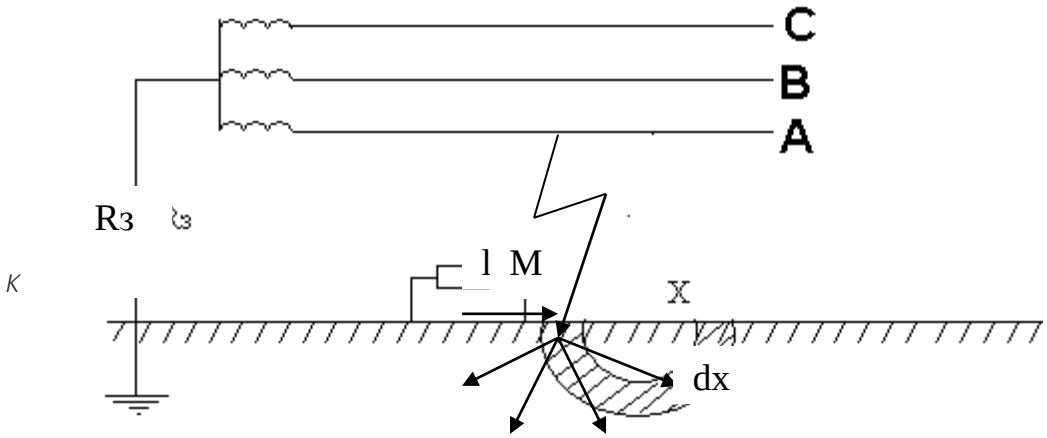


Рисунок 3 – Распределение потенциала на поверхности земли
в зоне растекания тока полусферического заземлителя

Положительное явление наблюдается в том случае, когда потенциал заземлившейся токоведущей части оборудования, случайно оказавшейся под напряжением, резко снижается до значения, которое во много раз меньше напряжения в сети.

Это явление, благоприятное по условиям безопасности, широко используется как мера защиты от поражения током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям электрооборудования, которые в случае неисправности изоляции могут оказаться под напряжением.

Отрицательное явление наблюдается в том случае, когда при стекании тока в землю на самом заземлителе и находящихся с ним в контакте металлических частях, а также на поверхности земли вокруг места стекания тока в грунт появляются потенциалы, образующие поле растекания тока.

Практический интерес представляет вопрос о зависимости величины этих потенциалов от тока замыкания на землю, а также характер их распределения на поверхности земли в зависимости от расстояния до заземлителя.

Ток, проходящий через заземлитель в землю, преодолевает сопротивление, которое называется сопротивлением растеканию тока заземлителя или сопротивлением растеканию. На рис.3 представлена схема замыкания на землю в точке М фазы А в сети с глухозаземленной нейтралью. В точке К нейтраль источника тока соединена с заземлителем.

В однофазном грунте от одиночного полусферического заземлителя (рис. 3) падение напряжения на поверхности земли в зоне растекания тока подчиняется гиперболическому закону. При этом падение напряжения на расстоянии 1 м от заземлителя составляет 68 %, 10 м — 92 %, а на расстоянии 20 м потенциалы точек практически могут быть приняты равными нулю. Зона, в которой земля не оказывает существенного сопротивления, растеканию тока, называется *зоной нулевого потенциала.*

Если известна величина сопротивления в точке М R_M и конструкция заземлителя, то можно определить и удельное сопротивление грунта ρ.

Так, если заземлитель полусферический, то

$$\rho = 2\pi \cdot r \cdot R_M, \qquad (2)$$

где r – радиус полусферического заземлителя, обеспечивающего сопротивление растеканию тока, равное 4 Ом.

Если конструкция заземлителя неизвестна или она очень сложная, то для определения можно воспользоваться формулой:

$$\rho = 2\pi \cdot l \cdot U/J, \qquad (3)$$

где J - ток, проходящий через заземлитель; U – напряжение в какой-либо точке земли; l - радиус неизвестного заземлителя.

Задаваясь различными значениями l, можно построить график распределения потенциала в зоне растекания тока (рис. 4). Чем ближе к точке стекания тока, то есть чем меньше l, тем больше напряжение.

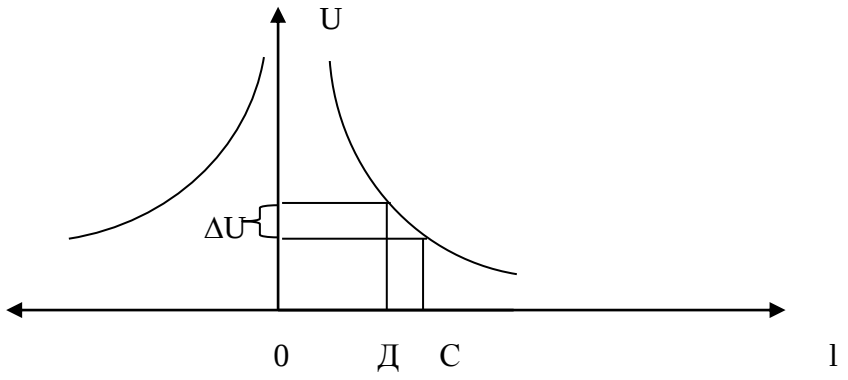


Рисунок 4 – Распределение потенциала в зоне растекания тока

Из графика, приведенного на рис. 4, и из (3) видно, что в зоне растекания тока различные точки, например, С и Д (рис. 3 и 4), имеет различные потенциалы. Это обстоятельство является неблагоприятным, так как представляет потенциальную опасность поражения током человека. Критерием опасности служит так называемое шаговое напряжение. *Шаговое напряжение* - разность потенциалов между двумя точками в зоне растекания тока, находящимися на расстоянии шага 0,8 м. Чем ближе к точке стекания, тем больше шаговое напряжение.

Попав в зону растекания, человек может оказаться под разностью потенциалов с напряжением шага $U_ш$, В,

$$U_ш=U_з\beta_1\beta_2, \qquad (4)$$

где U_3 — напряжение фазы в точке растекания тока; β1—коэффициент напряжения, учитывающий закон изменения в зоне растекания; β_2 — коэффициент, учитывающий падение напряжения в дополнительных сопротивлениях обуви, ног человека.

Ток, протекающий через человека, $I_ч$, А, попавшего под шаговое напряжение

$$I_ч=I_з(R_з/R_ч)\ \beta_1\beta_2, \qquad (5)$$

где $R_з$ — сопротивление заземлителя растеканию тока.

Значения коэффициентов β_1 и β_2 берутся из справочников для различных типов заземляющих устройств.

Величина шагового напряжения зависит от ширины шага и расстояния до места замыкания на землю. По мере удаления от места замыкания опасность шаговых напряжений уменьшается. Для обеспечения безопасности, при случайном попадании в зону растекания тока, необходимо соединить ноги и, не спеша выходить из нее так, чтобы при передвижении ступня одной ноги не выходила за ступню другой.

СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Основными мерами защиты от поражения электрическим током являются:

1) обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, для случайного прикосновения;

2) электрическое разделение сети;

3) устранение опасности поражения или появления напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и др. мерами;

4) применение специальных электрозащитных средств - переносных приборов и приспособлений (средств индивидуальной защиты);

5) организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Недоступность токоведущих частей электроустановок для случайного прикосновения может быть обеспечена изоляцией токоведущих частей, размещением их на недоступной высоте, ограждением и другими средствами.

Электрическое разделение сети - это разделение электрической сети на отдельные, электрически не связанные между собой участки с помощью специальных разделяющих трансформаторов. В результате изолированные участки сети обладают большим сопротивлением изоляции и малой емкостью проводов относительно земли, за счет чего значительно улучшаются условия безопасности.

Для ***устранения опасности поражения током*** в случае повреждения изоляции переносного ручного электроинструмента и переносных ламп их питают малым напряжением не выше 42 В. Кроме того, в особо опасных помещениях при особо неблагоприятных условиях (например, работа в металлическом резервуаре, работа сидя и лежа на токоведущем полу и т.п.) для питания ручных переносных ламп применяют еще более низкое напряжение: 12 В.

Двойная изоляция - это электроизоляция, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции.

Рабочая изоляция предназначена для изоляции токоведуших частей электроустановки от поражения током, обеспечивая ее нормальную работу и защиту персонала.

Применяется при создании ручных электрических машин, при этом заземление или зануление их корпусов не требуется.

Защитное заземление - это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. *Назначение защитного заземления* - устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования, т.е. при замыкании их на корпус.

Принцип действия защитного заземления - снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус, за счет уменьшения потенциала заземленного оборудования, а также выравнивания потенциалов основания и оборудования. Область применения защитного заземления - трехфазные трехпроводные сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В с любым режимом нейтрали.

Заземляющее устройство представляет собой совокупность заземлителя (металлических проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей) и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем. Принципиальная схема защитного заземления (сеть с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В) представлена на рис. 5.

Различают два типа заземляющих устройств: выносное (или сосредоточенное) и контурное (или распределенное).

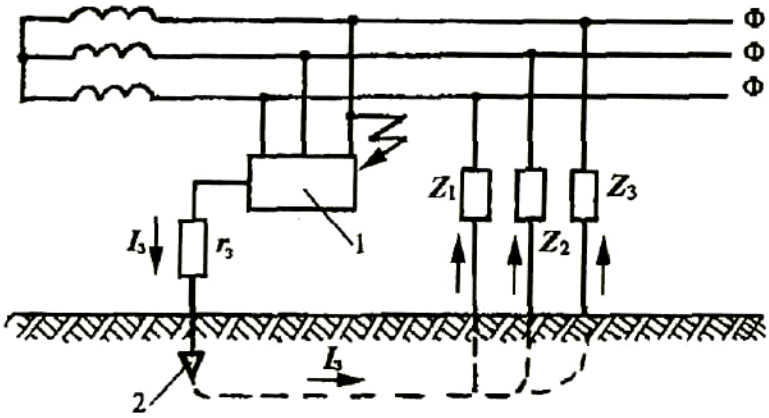


Рисунок 5 – Принципиальная схема защитного заземления:
1- оборудование; *2* - заземлитель; r_3 - сопротивление защитного заземления, Ом

Выносное заземляющее устройство характеризуется тем, что заземлитель вынесен за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование, или сосредоточен на некоторой части этой площадки. Применяется лишь при малых значениях тока замыкания на землю (Z_3), в частности, в установках напряжением до 1000 В.

Контурное заземляющее устройство характеризуется тем, что его одиночные заземлители размещаются по контуру (периметру) площадки, на которой находится заземляемое оборудование, или распределены по всей площадке по возможности равномерно.

В заземляющих устройствах применяют искусственные (вертикальные и горизонтальные электроды из стальных труб, уголков, прутков, полос) и естественные (трубопроводы, арматура, свинцовые оболочки кабелей, проложенные или связанные с землей) заземлители. В качестве заземляющих проводников применяют полосовую и круглую сталь. Прокладку их производят открыто по конструкциям зданий. Последовательное включение заземляемого оборудования не допускается.

Согласно ПУЭ (правилам устройства электроустановок) сопротивление защитного заземления в любое время года не должно превышать:

4 Ом - в установках напряжением до 1000 В; если мощность источника тока (генератора или трансформатора) 100 кВ·А и менее, то сопротивление заземляющего устройства допускается до 10 Ом;

0,5 Ом - в установках напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью;

$250/I_З$, но не более 10 Ом - в установках напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью.

При проектировании заземляющего устройства следует соблюдать приведенные требования.

Заземление в помещениях второго и третьего класса является обязательным при номинальном напряжении электроустановки выше 42 В переменного и выше 110 В постоянного тока, а в помещениях без повышенной опасности - при напряжении 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока. Во взрывоопасных помещениях заземление выполняется независимо от значения напряжения установки.

Занулением является преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Схема зануления представлена на рис. 6.

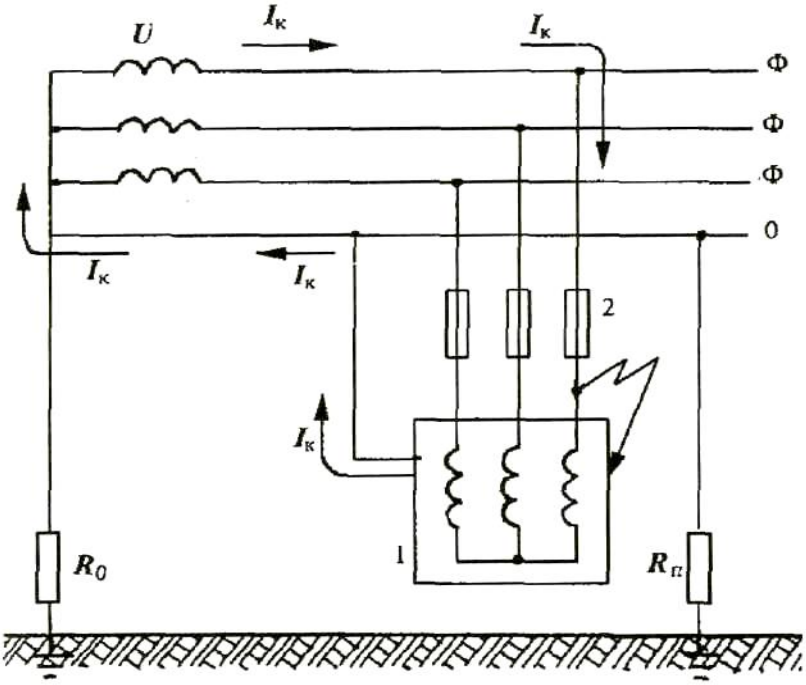


Рисунок 6 – Принципиальная схема защитного зануления:
1 - корпус; *2* - аппараты для защиты от токов короткого замыкания (плавкие предохранители, автоматы и т.п.); R_o - сопротивление заземления нулевого защитного проводника;
$I_к$ - ток короткого замыкания; *0* -нулевой защитный проводник

Нулевым защитным проводником называется проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом. Задача зануления та же, что и защитного заземления: устранение опасности поражения людей током при замыкании на корпус.

Принцип действия зануления - превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание, то есть в замыкание между фазным и нулевым проводами с целью создания большого тока, способного обеспечить срабатывание защиты и тем самым автоматически отключить поврежденную установку от питающей сети.

Скорость отключения: 5 - 7 с при защите установки плавкими предохранителями и 1-2 с при защите автоматами. Область применения зануления - трехфазные четырехпроводные сети напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью. Обычно это сети напряжением 380/220 В, широко применяющиеся в машиностроительной промышленности и других отраслях, а также сети 220/127 и 660/380 В.

Защитное отключение - быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током. Такая опасность может возникнуть в частности: при замыкании фазы на корпус электрооборудования; при снижении сопротивления изоляции фаз относительно земли ниже определенного предела; появлении в сети повышенного напряжения; прикосновении человека к токоведущей части, находящейся под напряжением. В этих случаях в сети происходит изменение некоторых электрических параметров (напряжение корпуса относительно земли, напряжение фаз относительно земли и др.), что может служить импульсом, вызывающим срабатывание защитно-отключающего устройства, т.е. автоматическое отключение опасного участка сети за время не более 0,2 с.

Основными частями устройства защитного отключения (УЗО) являются прибор защитного отключения и автоматический выключатель.

УЗО в зависимости от параметра, на который оно реагирует, делятся на несколько типов, основными среди которых являются:

- УЗО, реагирующие на напряжение корпуса, относительно земли (от повышенного напряжения);
- УЗО, реагирующие на оперативный постоянный ток, служат для непрерывного контроля изоляции, защиты человека, прикоснувшегося к токоведущей части.

Выравнивание потенциала — это метод снижения напряжения прикосновения и шага между точками электрической цепи, к которым возможно одновременное прикосновение или на которых может одновременно стоять человек.

Выравнивание потенциала как самостоятельную меру защиты не применяют.

Для выравнивания потенциала в землю укладывают стальные полосы в виде сетки по всей площади, занятой оборудованием.

В производственном помещении корпуса электрооборудования и производственного оборудования в той или иной степени связаны между собой. При замыкании на корпус в каком-либо из электроприемников все металлические части получают близкое по величине напряжение относительно земли. В результате напряжение между корпусом электроприемника и полом существенно уменьшается, происходит выравнивание потенциала по всей площади помещения. При выравнивании потенциала человек, находящийся в цепи замыкания, оказывается под сравнительно малым напряжением.

В соответствии со СНиП для выравнивания потенциала во всех помещениях и наружных установках, где применяется заземление или зануление, строительные металлические конструкции, трубопроводы всех назначений, корпуса технологического оборудования должны быть присоединены к сети заземления или зануления.

Фактор выравнивания потенциала имеет большое значение для обеспечения безопасности и является эффективной защитной мерой.

В процессе эксплуатации электроустановок, например, при работах вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, при работах на отключенных токоведущих частях (шинах, проводах и т.п.) существует повышенная опасность поражения человека электрическим током, поэтому принимаются дополнительные меры, исключающие эту опасность, возникающую, например, при ошибочной подаче напряжения.

Такими средствами защиты, дополняющими описанные выше стационарные конструктивные защитные устройства электроустановок, служат ***переносные приборы и приспособления,***

применяемые для защиты персонала от поражения током, воздействия электрической дуги, продуктов горения, падения с высоты и других опасных факторов.

Рассматриваемые *средства индивидуальной защиты* условно делятся на три группы: изолирующие, ограждающие и предохранительные. Особое место среди них занимают *изолирующие электрозащитные средства*. Изолирующие электрозащитные средства делятся на *основные* и *дополнительные.*

Основные электрозащитные изолирующие средства способны длительное время выдерживать рабочее напряжение электроустановок, и поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением и работать на этих частях. В электроустановках напряжением до 1000 В к ним относятся: диэлектрические резиновые перчатки, инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения до 1000 В.

Дополнительные изолирующие электрозащитные средства обладают недостаточной электрической прочностью и поэтому не могут самостоятельно защищать человека от поражения током. Их назначение - усилить защитное действие основных изолирующих средств, вместе с которыми они должны применяться. В электроустановках напряжением до 1000 В к ним относятся: диэлектрические галоши, коврики и изолирующие подставки. *Ограждающие средства защиты* предназначены для временного ограждения токоведущих частей - переносные ограждения (щиты, ограждения - клетки, изолирующие накладки, изолирующие колпаки); для предупреждения ошибочных операций - предупредительные плакаты; для временного заземления отключенных токоведущих частей с целью устранения опасности поражения работающего током при случайном появлении напряжения - устройства временного заземления.

Предохранительные средства защиты предназначены для индивидуальной защиты работающего от световых, тепловых и механических воздействий. К ним относятся защитные очки, противогазы, специальные рукавицы и другие.

Исправность средств защиты должна проверяться осмотром перед каждым их применением, а также периодически через 6-12 месяцев. Изолирующие электрозащитные средства, а также накладки и колпаки периодически подвергаются электрическим испытаниям.

Рассмотренные технические и другие электрозащитные средства дополняются на производстве звуковой или световой сигнализацией о наличии напряжения или его отсутствии в электроустановках, предупреждающими, предписывающими и указательными плакатами, надписями и знаками безопасности.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Экспериментальная часть работы проводится на специальном стенде, позволяющем моделировать условия растекания тока в землю.

Электрическая схема моделирует схему, приведенную на рис.3. В точке К нейтраль соединена со стационарным заземлителем. Таким образом, мы имеем дело с глухозаземленной нейтралью.

В точке М происходит замыкание фазы на землю. Стекание тока с проводника в землю происходит условно с полусферической поверхности радиусом r. Сопротивление растеканию тока в точке М может быть различным и задается переключателем. В нулевом положении переключателя замыкание на землю отсутствует. К стенду прилагается амперметр и вольтметр.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

Включайте стенд только после разрешения преподавателем.

При выполнении измерений избегайте одновременного касания руками двух и более зажимов.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретическую часть и подготовить ответы на контрольные вопросы. После собеседования с преподавателем и получения разрешения на выполнение работы приступить к экспериментальной части.

2. Методом амперметра-вольтметра определить сопротивления растеканию тока заземлителей К при различных напряжениях U и расстояниях l от точки М. Напряжение задается переключателем R_M. Данные внести в табл.3.

Таблица 3 – Распределение потенциала в зоне растекания тока

Расстояние l от точки стекания М	Напряжение U, В	Сила тока, мА	Сопротивление растеканию тока R_M, Ом
1	2	3	4

3. По данным табл. 3 построить графики распределения потенциала в зоне растекания тока.

Определить расстояние, при котором шаговое напряжение не превышает допустимое значение.

4. По полученным данным по (2) и (3) рассчитать удельное сопротивление грунта, полагая, что в точке М ток стекает с полушарового заземлителя с радиусом r = 1 м.

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должны быть приведены:

1) название лабораторной работы;
2) формулировка цели работы;
3) основные понятия и формулы;
4) результаты измерений;
5) выводы

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое электрический ток?
2. Какое действие оказывает электрический ток на организм человека?
3. Какие факторы определяют опасность поражения электрическим током?
4. При каких условиях возможно стекание тока в землю?
5. Перечислите основные причины поражения электрическим током
6. Что такое зона нулевого потенциала?
7. Чему равно сопротивление земли между двумя точками, удаленными друг от друга на расстояние 100 км?
8. Как определить потенциал какой-либо точки относительно земли?
9. Что такое заземление?
10. Что необходимо сделать, чтобы уменьшить сопротивление растеканию тока искусственного заземлителя?
11. Как экспериментально определить сопротивление растеканию тока заземлителя и удельное сопротивление грунта?
12. Какие методы используются для защиты человека от поражения электрическим током?

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ШУМА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ШУМОПОГЛОЩАЮЩИХ ОБЛИЦОВОК

Цель работы: ознакомиться с характеристиками шума, методами его нормирования, приборами и методами измерения уровня шума, а также исследовать эффективность снижения шума различными шумопоглощающими материалами.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

За последние десятилетия защита человека от шума стала одной из актуальных проблем. Действуя на центральную нервную систему, шум оказывает неблагоприятное влияние на организм человека, вызывая тяжелые заболевания, головную боль, нарушение функции слуховых органов.

Сильный шум в условиях производства значительно снижает производительность труда и может являться причиной несчастного случая.

С физической точки зрения шум представляет собой беспорядочное сочетание различных по частоте и силе звуков, с физиологической - звуковой процесс, который в большей или меньшей степени неприятен человеку.

Звуковые волны возникают в упругой среде, когда имеется колеблющееся тело или на частицы среды действует возмущающая сила.

Человек может слышать звуки с частотой колебания от 16 до 20000 Гц. Инфра- и ультразвуковые колебания хотя и не слышимы человеком, но оказывают вредное влияние на организм.

При действии источника звука происходит небольшое колебание давления в среде. Разность между мгновенным значением полного давления и атмосферным давлением называется звуковым давлением, *P,* Па.

Распространение звуковой волны сопровождается переносом энергии. Средний поток энергии, приходящийся на единицу поверхности, нормальной к распространению звуковой волны, называется интенсивностью или силой звука, I, Вт/м^2.

Диапазон значений звукового давления и силы звука, воспринимаемых человеческим ухом, чрезвычайно велик: от минимальных (при частоте 1000 Гц) значений $P_0=2\cdot10^{-5}$ Па и $I_o=10^{-12}$ Вт/м^2, соответствующих так называемому порогу слышимости, до максимальных, равных $P_б = 2\cdot10^2$ Па и $J_б = 2\cdot10^2$ Вт/м^2, называемых болевым порогом.

Т.к. оперировать многозначными числами неудобно, была введена условная логарифмическая единица, называемая уровнем звукового давления или уровнем шума (L). Единицей измерения уровня шума является бел или децибел (дБ). Прирост силы звука относительно порога слышимости в 10 раз соответствует 1Б или 10 дБ, в 100 раз – 2Б или 20 дБ и т.д., т.е. весь диапазон звуков от порога слышимости до болевого порога составит 140 дБ. Уровень шума рассчитывается по формуле:

$$L=10\cdot\lg I/I_0.$$

Ухо человека, а также многие акустические приборы реагируют не на интенсивность звука, а на звуковое давление, поэтому расчет ведут по формуле:

$$L=10\cdot\lg (P^2/P^2_0) =20\cdot\lg P/P_0.$$

С физиологической точки зрения шум характеризуется громкостью, зависящей от амплитуды колебаний, высотой, связанной с частотой звука, и тембром, определяющимся областью возмущенных частот.

Вредное воздействие шума на человека зависит не только от величины давления, но и от частоты колебаний волн. С увеличением частот вредное воздействие шума возрастает. Графическое изображение зависимости уровня шума от частоты называется спектром шума, а разложение сложного колебательного процесса (шума) на простейшие составляющие называют частотным анализом шума.

Весь диапазон частот разбит на 8 октавных полос, в которых верхняя частота больше нижней в 2 раза. Для более точных измерений каждая октава может разбиваться на 1/3 октавной полосы (табл. 1)

По характеру спектра в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 шумы подразделяют на:

- широкополосные - с непрерывным спектром, частотный диапазон шириной более одной октавы;

- тональные - в спектре имеются слышимые дискретные тона. Если в треть-октавных полосах частот имеются превышения одной полосы над соседними не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шумы следует подразделять на:

- постоянные, уровень звука которых за 8- часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА;

- непостоянные, изменения уровня звука за 8 ч более 5 дБА.

Непостоянные шумы подразделяются на:

- прерывистые, уровень звука резко падает до фонового шума и возрастает. Время действия периода максимума шума более 1 с;

- импульсные, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

Таблица 1 – Стандартные границы и среднегеометрические частоты

Граничные частоты октавных полос, ГЦ	Среднегеометрические частоты полос, ГЦ		
	октавных	октавных	октавных
45-90	63	63	50
		90	63
			80
90-180	125	125	100
		180	125
			160
180-355	250	250	200
		355	250
			315
355-710	500	500	400
		710	500
710-1400	1000	1000	680030
		1400	1000
			12500
1400-2800	2000	2000	1600
		2800	2000
			2500
2800-5600	4000	4000	3150
		5600	4000
			5000
560011200	8000	8000	6300
		11200	8000

			10000

Как отмечалось выше, наибольшим раздражающим эффектом при одинаковых уровнях звукового давления обладает звук, частота которого выше. Это обстоятельство положено в основу нормирования шума.

Нормируемыми параметрами постоянного широкополосного шума являются уровни звукового давления в октавных полосах среднегеометрических частот. Совокупность допустимых значений уровней шума в восьмиоктавных полосах называется предельным спектром (ПС), номер которого соответствует уровню звукового давления на частоте 1000 Гц, а данный метод нормирования называют нормированием шума по предельному спектру.

Для ориентировочной оценки уровня постоянного шума применяется метод нормирования по уровню звука. При этом устанавливаются допустимые уровни звука в дБА. Для оценки соответствия фактических уровней шума допустимым измерения проводят с помощью шумомера, установив переключатель в режим А. Уровень звука в дБА означает, что шум измерен по шкале А шумомера.

Для измерения уровня звука шумомеры снабжены частотным фильтром, модифицирующим обобщённую частотную характеристику органов человека.

Допустимые уровни звука в дБА превышают логарифмические уровни звукового давления на частоте 1000 Гц на 5 дБ.

Допустимые уровни звукового давления и уровни звука на рабочих местах производственных помещений приведены в табл. 2.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА, определенный по ГОСТ 20445-80.

В зависимости от характера шума и времени его воздействия в величины октавных уровней звукового давления, приведенных в табл. 2, вводятся поправки (табл. 3).

Таблица 3 – Поправки к октавным уровням звукового давления и уровням звука в дБ и дБА

Суммарная длительность воздействия за смену (рабочий день)	Характер шума	
	широкополосный	тональный или импульсный
От 4 до 8 ч	0	-5
От 1 до 4 ч	+6	+1
От ¼ ч до 1 ч	+12	+7
От 5 до 15 мин	+18	+13
Менее 5 мин	+24	+19

Таблица 2 – *Допустимые уровни звукового давления и уровни звука на постоянных рабочих местах*

Наименование	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								Уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. При шуме, проникающем извне помещений, находящихся на территории предприятий:									
а) конструкторские бюро, комнаты расчетчиков и программистов счетно-электронных машин, помещения лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, помещений приемов больных здравпунктов	71	61	54	49	45	42	40	38	50
б) помещения управлений (рабочие комнаты)	79	70	63	58	55	52	50	49	61
в) кабины наблюдения и дистанционного управления	94	87	82	78	75	73	71	70	80
г) то же, с речевой связью по телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
2. При шуме, возникающем в помещении и проникающем в помещения, находящиеся на территории предприятий:									
а) помещения и участки точной сборки, машинописные бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
б) помещения лабораторий, помещения для размещения «шумных» агрегатов счетно-вычислительных машин (табуляторов, перфораторов, магнитных барабанов и т.п.).	94	87	82	78	75	73	71	70	80
3. Постоянные рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятий	103	96	91	83	85	83	81	80	90

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Описание установки

Установка, предназначенная для исследования производственного шума, состоит из камеры, в которой смонтированы источник звука и микрофон шумомера для измерения шума (рис. 1).

В качестве источника шума могут быть использованы аспиратор, пылесос, вентилятор, насос и генератор ГЗ-2.

При использовании в качестве источника шума генератора звук попадает непосредственно в камеру через динамик.

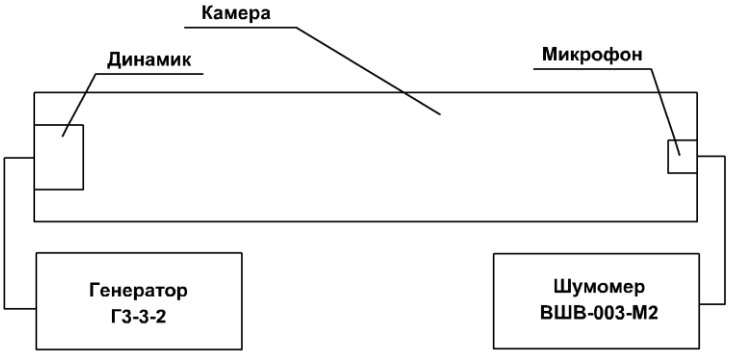


Рисунок 1 – Установка для исследования производственного шума

Для измерения шума применяется шумомер ВШВ-ООЗ-М2, принцип действия которого основан на преобразовании с помощью микрофона звуковых колебаний в пропорциональное переменное электрическое напряжение, усиливаемое и измеряемое стрелочным индикатором.

Общий вид и описание передней панели шумомера представлены на рис. 2.

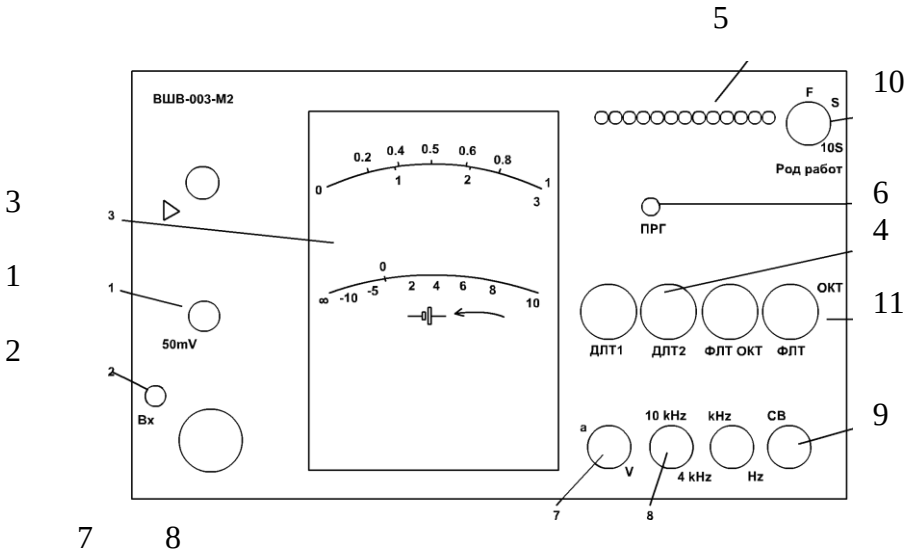


Рисунок 2 – Передняя панель шумомера

На передней панели шумомера ВШВ-003-М2 расположены следующие органы управления, регулирования и индикации:

1 -50 mV – выход с калибровочного генератора;

2 - вход для подсоединения предусилителя ВПМ-Ш;

3 - показывающий прибор для отсчёта измеряемой величины и контроля напряжения питания;

4 - переключатели *ДЛГ1,* дБ, ДЛГ2, дБ;
5 - единичные индикаторы 20, 30, …, 130 дБ, предназначенные для выбора предела измерения уровня звукового давления;
6 - индикатор ПРГ – для индикации перегрузки измерительного тракта;
7 - кнопка a, V – для включения измерителя в режим виброскорости;
8 - кнопка 10 кHz и 4 кHz для включения ФИЧ 10 кГц или 4 кГц, ограничивающих частотный диапазон при измерении виброускорения, виброскорости;
9 - кнопка СВ, ДИФ - для измерения в режиме свободного или диффузионного поля;
10 - переключатель «Род работы» с положениями: «0» - для включения измерителя;.
- «+/-» - для контроля питания;
- «►» для включения измерителя в режим калибровки;
- «F, S, 10S» - для измерениям постоянной времени F(быстро), S (медленно), 10S (10 с*);*
11. переключатель *ФЛТ,* Hz с положениями;
- 1:10 для включения ФВЧ 1, 10 РЦ;
- ЛИН для включения ФПЧ 20 кГц, ограничивающего частот- при измерении уровня звукового давления по характеристике ЛИН;
- A, B, C для включения корректирующих фильтров A, B, C;
- ОКТ - для включения измерителя в режим частотного анализа в октавных полосах;

12 - переключатель ФЛТ ОКТ с кнопкой кHz, Hz для включения одного из 14 октавных фильтров со средними геометрическими частотами 1 Гц - 8 кГц.

На рис. 3 представлена передняя панель генератора.

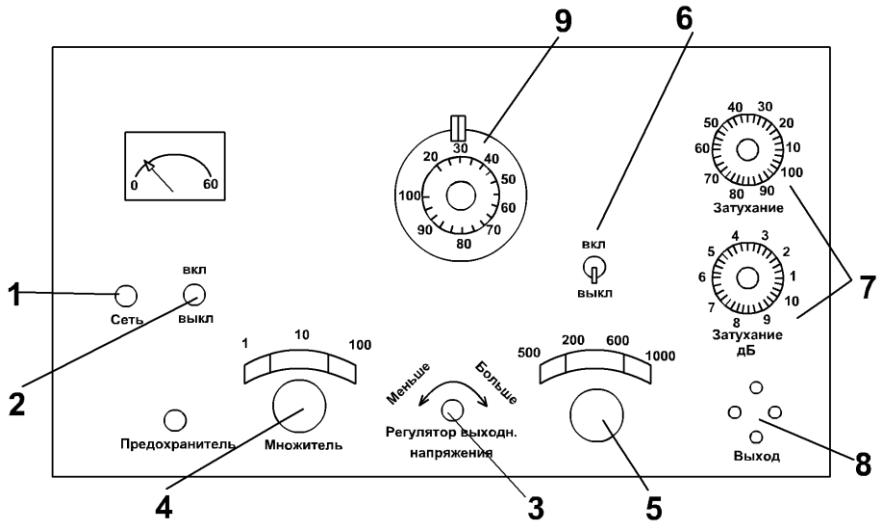


Рисунок 3 – Передняя панель генератора ГЗ-3-2

На передней панели Г-3-2:
1- индикатор выходного напряжения;
2- лампочка и тумблер «вкл-выкл» сети и предохранитель сети;
3- регулятор выходного напряжения (в исходном состоянии находится в крайнем левом положении);
4- множитель частоты;
5 - переключатель выходного сопротивления;
6- тумблер «вкл-выкл» внутренней нагрузки (находится в положении «выкл»);
7- переключатели «затухание дБ» от 0 до 10 и от 0 до 100;
8- гнездо «выход» напряжения генератора;
9- регулятор установки частоты «плавно».

Варианты заданий

Вариант 1. Исследовать уровни звука и логарифмические уровни звукового давления источников, указанных преподавателем. Построить графики зависимости уровней шума от частоты (спектры шума) источников без экрана и с экраном, указанным преподавателем, и предельный спектр, сравнить, сделать выводы.

Вариант 2. Изучить эффективность применения звукопоглощающих и звукоизолирующих экранов для снижения шума, создаваемого генератором, в различных частотных диапазонах (вид экрана и диапазон исследуемых частот определяет преподаватель).

Измерение уровней шума с помощью шумомера

Включить источник шума, указанный преподавателем, открыть крышку камеры, измерить уровень звука, установив переключатель ФЛТ (поз.11) на режим А. Далее переключить ФЛТ на режим «окт» и измерить логарифмические уровни звукового давления, устанавливая поочередно восемь октавных частот. Далее закрыть крышку и все измерения повторить.

Измерения проводить следующим образом:

1. Переключатели ДЛГ-1 и ДЛГ-2 перевести в крайнее правое положение, кнопки отжаты.
2. Переключатель «ФЛГ» перевести в положение «А».
3. Включить шумомер в сеть.
4. Установить переключатель «род работ» из положения «0» в положение «S». При этом должна загореться крайняя правая индикаторная лампочка, соответствующая по верхней шкале 130 дБ, а стрелочным индикатором показывать «О» по нижней шкале.
5. Включить источник шума.
6. Переключателями «ДЛТ1» и «ДЛТ2» перевести положении стрелки показывающего прибора в правую часть шкалы с делениями от 0 до 10 дБ. Просуммировать показания десятков дБ по переключателям с единицами дБ по индикатору и записать значения уровня звука в табл. 4.
7. Перевести переключатель «ФЛГ» в положение «ОКТ».
8. Нажать кнопку Hz и установить переключатель «ФЛТ ОКТ» в положение «63», снять показания (см. п.7).
9. Нажать кнопку кHz и установить последовательно частоты 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8 кГц, снимая показания на каждой из них, занести результаты измерений в табл. 4.
10. Построить спектры исследуемого шума и ПС (из табл. 2), сравнить результаты, сделать выводы.

Таблица 4 - *Результаты измерений октавных уровней звукового давления и значения предельного спектра*

Вид источника	Логарифмический уровень звукового давления на среднегеометрических частотах, дБ, Гц								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Аспиратор без экрана Аспиратор с экраном Пылесос без экрана Пылесос с экраном Насос без экрана Насос с экраном ПС									

Подготовка генератора к работе и измерение уровней шума

1. Уточнить у преподавателя диапазон исследуемых частот и вид экранов.
2. Подготовить к работе генератор. Для этого:
- включить тумблер «сеть». Должна загореться красная лампочка;
- установить переключатели «затухание» в положение 0; выходное сопротивление 600;
- переключателем «множитель» и регулятором установки частоты «плавно» установить требуемую частоту;
- регулятором «выходное напряжение» установить по индикатору U=10 В и поддерживать его на этом уровне на всех исследуемых частотах.
3. Произвести на всех исследуемых частотах замер уровней шума с помощью шумомера без экранов и с экранами по методике, приведённой выше. При измерении крышка камеры должна быть закрыта. При этом частоты на генераторе и переключателе «ФЛТ ОКТ» шумомера должны совпадать, переключатель «ФЛТ» - находиться в положении «ОКТ». Экспериментальные данные занести в табл. 5. Сравнить полученные результаты с нормированными значениями шума (табл. 2) и сделать вывод о соответствии шума допустимым уровням и об эффективности экранирования.

Таблица 5 - Результаты измерений уровней шума

Частота	Уровень шума в камере, дБ			Допустимые уровни шума, дБ
	без экрана	с экраном из:		
		текстолита	пенопласта	

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Исходные определения, понятия, формулы.
3. Результаты измерений, таблицы.
4. Спектры источников шума и предельный спектр.
5. Выводы.

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТЫ

1. К работе допускаются лица, ознакомленные с лабораторной установкой, правилами обращения с электроприборами, порядком выполнения работы.
2. Рабочее место должно быть хорошо освещенным.
3. Прибор ВШВ-003-М2 должен быть заземлен.
4. Провода, используемые для питания аппаратуры, должны иметь хорошую изоляцию состояние которой необходимо проверять не реже одного раза в семестр.
5. Соблюдать аккуратность и неторопливость при установке звукоизолирующих экранов в лабораторной установке.
6. Во избежание вредного действия шума на окружающих во время установки экрана отключать источник шума.

Устранение неисправностей измерительной аппаратуры, смена предохранителей, подключение микрофона и т.п. производится исключительно обслуживающим персоналом кафедры.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем проявляется вредное воздействие шума на организм человека?
2. Назовите основные источники шума на промышленных предприятиях.
3. Какими физическими и физиологическими показателями характеризуется шум?
4. Что такое «порог слышимости» и «болевой порог»?
   Каким значениям соответствуют они на частоте 1000 Гц?

5. Как подразделяются шумы по характеру спектра и временным характеристикам?
6. Как нормируется шум? В чем отличие уровня звука от логарифмического уровня звукового давления?
7. Чем измеряется шум?
8. На чем основан принцип действия шумомера ВШВ-003-М2?
9. Какие вы знаете методы защиты работающих от шума?
10. На чем основан принцип звукоизоляции и звукопоглощения?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНОСТИ ПОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Цель работы: ознакомиться с характеристиками электромагнитного излучения в химико-технологических процессах, нормативными требованиями к электромагнитному излучению, определить уровень напряженности электрического поля на рабочем месте в зависимости от вида источника и расстояния от источника. Оценить эффективность защиты от электромагнитного излучения с помощью экранов.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Среди различных физических факторов окружающей среды, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на человека, большую сложность представляют электромагнитные поля, так как они не видимы человеческим глазом. В химико-технологических процессах используются различные приборы и оборудование, в результате работы, которых образуются электромагнитные поля и излучения различной частоты.

Источниками электромагнитных излучений являются природные и антропогенные источники электромагнитных полей. К природным источникам электромагнитных полей относят: электромагнитное поле Земли, космические источники (Солнце, звезды и т.д.), атмосферные процессы - разряды молний и т.д. Антропогенные источники электромагнитных полей классифицируются:

1) Источники низкочастотных излучений (0 - 3 кГц) (линии электропередачи, трансформаторные подстанции, электростанции, различные кабельные системы), домашнюю и офисную электро- и электронную технику, в том числе и мониторы ПК, транспорт на электроприводе, ж/д транспорт и его инфраструктуру, а также метро, троллейбусный и трамвайный транспорт.

2) Источники высокочастотных излучений (от 3 кГц до 300 ГГц). функциональные передатчики - (радио, телевидение), радиотелефоны (авто-, радиотелефоны), направленная радиосвязь (спутниковая радиосвязь, наземные релейные станции), навигация (воздушное сообщение, судоходство, радиоточка), локаторы (воздушное сообщение, судоходство, транспортные локаторы, контроль за воздушным транспортом). Сюда же относится различное технологическое оборудование, использующее СВЧ-излучение, бытовое оборудование (СВЧ-печи).

Воздействие электромагнитных полей на организм человека

Степень биологического воздействия электромагнитных полей на организм человека зависит от частоты колебаний, напряженности и интенсивности поля, его режима (импульсное, непрерывное) и длительности воздействия. Биологическое воздействие полей разных диапазонов неодинаково. Особенно чувствительны к неблагоприятному воздействию электромагнетизма эмбрионы и дети.

Наиболее чувствительными к действию электромагнитных полей являются центральная нервная система (субъективные ощущения при этом - повышенная утомляемость, головные боли и т. п) и нейроэндокринная система. Электромагнитные

поля могут оказывать воздействие на глаза, приводящее к возникновению катаракты (помутнению хрусталика).

В результате длительного пребывания в зоне действия электромагнитных полей наступают преждевременная утомляемость, сонливость или нарушение сна, появляются частые головные боли, наступает расстройство нервной системы и др. Многократные повторные облучения малой интенсивности могут приводить к стойким функциональным расстройствам центральной нервной системы, стойким нервно-психическим заболеваниям, изменению кровяного давления, замедлению пульса, трофическим явлениям (выпадению волос, ломкости ногтей и т. п.).

Основные характеристики электромагнитного поля

Электромагнитные поля - это особая форма существования материи, характеризующаяся совокупностью электрических и магнитных свойств.

Электромагнитное поле характеризуется *частотой излучения f*, измеряемой в герцах, или *длиной волны λ,* измеряемой в метрах. Электромагнитная волна распространяется в вакууме со скоростью света (3×10^8 м/с), и связь между длиной и частотой электромагнитной волны определяется зависимостью

$$F = c / \lambda, \qquad (1)$$

где c – скорость света.

Скорость распространения волн в воздухе близка к скорости их распространения в вакууме.

Электромагнитное поле обладает энергией, а электромагнитная волна, распространяясь в пространстве, переносит эту энергию. Электромагнитное поле имеет электрическую и магнитную составляющие.

Характеристикой электрической составляющей ЭМП является *напряженность электрического поля E,* единицей измерения которой является В/м.

Характеристикой магнитной составляющей ЭМП является *напряженность магнитного поля H* (А/м).

Энергию электромагнитной волны принято характеризовать *плотностью потока энергии (ППЭ)* — энергией, переносимой электромагнитной волной в единицу времени через единичную площадь. Единицей измерения ППЭ является Вт/м^2.

Классификация электромагнитных полей. В настоящее время наиболее широкое применение в различных отраслях находит электромагнитная энергия неионизирующей части спектра. Электромагнитные поля классифицируются по частотным диапазонам или длине волны. Большую часть спектра неионизирующих электромагнитных излучений (ЭМИ) составляют *радиоволны* (3 Гц...3000 ГГц), меньшую часть - колебания оптического диапазона (инфракрасное, видимое, ультрафиолетовое излучение).

Классификация волн, определяемая длиной (или частотой) волны, представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Классификация электромагнитных волн

Вид ЭМП	Частотный диапазон	Длина волн
Неионизирующие излучения		
Радиочастотные		
Крайненизкочастотные КНЧ	3-30 Гц	100-10 Мм
Средненизкочастотные СНЧ	30-300 Гц	10-1 Мм
Инфранизкочастотные ИНЧ	0,3-3 кГц	1000-100 км
Очень низкие ОНЧ	3-30 кГц	100-10 км
Низкочастотные НЧ	30-300 кГц	10-1 км
Среднечастотные СЧ	0,3-3 МГц	1-0,1 км
Высокочастотные ВЧ	3-30 МГц	100-10 м
Очень выскочастотные ОВЧ	30-300 МГц	10-1 м
Ультравысокочастотные УВЧ	0,3-3 ГГц	1-0,1 м

Сверхвысокочастотные СВЧ	3-30 ГГц	10-1 см
Крайневысокочастотные КВЧ	30-300 ГГц	10-1 мм
Гипервысокочастотные ГВЧ	300-3000 ГГц	1-0,1 мм
Оптические		
Инфракрасные (тепловое излучение)	$0.75 \cdot 10^{12}$ - $395 \cdot 10^{12}$ Гц	$0.4 \cdot 10^{-3}$ – 0.76 мкм
Световые волны	$395 \cdot 10^{12}$ - $750 \cdot 10^{12}$ Гц	0.76 - 0.4 мкм
Ультрафиолетовые лучи	$750 \cdot 10^{12}$ – $1.5 \cdot 10^{17}$ Гц	0.4 – 20 Å
Ионизирующие излучения		
Рентгеновские	$1.5 \cdot 10^{17}$ - $5 \cdot 10^{19}$ Гц	20 – 0.06 Å
γ - лучи	более $5 \cdot 10^{19}$ Гц	менее 0.06 Å

Электромагнитное излучение (поле) промышленной частоты и радиочастотного диапазона.

Электромагнитные поля промышленной частоты относятся к сверхчастотному диапазону радиочастотного спектра и широко распространены в химическом производстве. К ним относятся линии электропередач (ЛЭП) напряженностью до 1150 кВ, открытые распределительные устройства, включающие коммуникационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы. Они являются источниками электрических и магнитных полей промышленной частоты (50Гц).

Источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона являются линии питания высокочастотной энергией, высокочастотные трансформаторы, генераторные установки, радиолокационные станции, радиопередатчики, установки высокочастотной термообработки и т.д.

Нормирование электромагнитных излучений (ЭМИ) промышленной частоты (50 Гц) в рабочей зоне осуществляется по предельно-допустимым уровням напряженности электрического и магнитных полей частой 50 Гц, в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля (ЭМП) промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах», а СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях» и СанПиН 1.2.3685-21 ««Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 часов допускается при напряженности электрического поля не превышающей 5 кВ/м.

Допустимое время пребывания, обслуживающего персонала установки промышленной частоты при напряженности электрического поля Е = 5-20 кВ/м определяется по формуле:

$$T = \frac{50}{E} - 2, \qquad (2)$$

где T - допустимое время нахождения в зоне с напряженностью электрического поля E в часах; E - напряженность электрического поля в кВ/м.

Расчет по формуле допускается в пределах от 0,5 до 8,0 ч.

При напряженности электрического поля 20 – 25 кВ/м время пребывания персонала в зоне излучения не должно превышать 10 мин.

Нормирование ЭМИ радиочастотного диапазона осуществляется в соответствии с «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Электромагнитные поля в диапазоне 30 кГц - 30 МГц оцениваются по напряженности электрической (Е) и магнитной (Н) составляющих, а в диапазоне 30 МГц – 300 ГГц по поверхностной плотности потока энергии (ППЭ):

$$E = \sqrt{\frac{ЭН_E}{T}}; \quad \textbf{(3)}$$

$$H = \sqrt{\frac{ЭН_H}{T}}; \quad \textbf{(4)}$$

$$ППЭ = \frac{КЭН_{ППЭ}}{T} \quad \textbf{(5)}$$

где ЭН – энергетическая нагрузка, представляющая собой суммарный поток энергии, приходящийся на единицу облучаемой поверхности за время облучения Т, К-коэффициент ослабления биологической активности, равный 1 – для всех случаев воздействия; 10 – для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн.

Предельно допустимые значения энергетической нагрузки за рабочий день для работающих в условиях электромагнитных излучений представлены в табл.2.

Таблица 2 – Предельно допустимые значения энергетической нагрузки

Параметр, единица измерения	Диапазон частот, МГц			
	0,003…3,0	3-30	30-300	300-300000
$ЭН_E$, (В/(м^2·ч)	20000	7000	800	-
$ЭН_H$, А/(м^2·ч)	200	-	-	-
$ЭН_{ППЭ}$, $\left(\frac{мкВт}{см^2}\right)\cdot ч$	-	-	-	200

Все измерения проводятся на расстоянии 0,5 м от источника электромагнитного излучения (табл. 3).

Таблица 3 – Требования к параметрам излучения

Наименование параметров	**Значение по СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»**
Напряженность ЭМИ в 50 см от источника по электрической составляющей, не более (В/м):	
В диапазоне частот 5Гц-2кГц	25
В диапазоне частот 2 – 400 кГц	2,5
Плотность магнитного потока в 50 см, не более (нТл)	
В диапазоне частот 5Гц-2кГц	250
В диапазоне частот 2 – 400 кГц	25

Методы защиты человека от электромагнитных излучений.

Средства и методы защиты от ЭМП делятся на следующие группы:

- *Организационные мероприятия* предусматривают предотвращение попадания людей в зоны с высокой напряженностью ЭМП, создание санитарно-защитных зон вокруг антенных сооружений различного назначения.
- *Инженерно-технические мероприятия*. Общие принципы, положенные в основу инженерно-технической защиты, сводятся к следующему: электрогерметизация элементов схем, блоков, узлов установки в целом с целью снижения или устранения электромагнитного излучения; зашита рабочего места от облучения или удаление его на безопасное расстояние от источника излучения. Для *экранирования рабочего места используют различные типы экранов: отражающие и поглощающие.*
- *Индивидуальные средства защиты*. В качестве средств индивидуальной защиты рекомендуется специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, и защитные очки.

Лечебно-профилактические мероприятия должны быть направлены прежде всего на раннее выявление нарушений в состоянии здоровья работающих. Для этой цели предусмотрены предварительные и периодические медицинские осмотры лиц, работающих в условиях воздействия СВЧ — 1 раз в 12 месяцев, УВЧ и ВЧ-диапазона — 1 раз в 24 месяца.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Описание установки

Принцип работы измерителя электрического поля ИЭП-05 заключается в преобразовании энергии электромагнитного поля с помощью антенны в напряжение, пропорциональное напряженности этого поля.

Измеритель электрического поля ИЭП-05 состоит из индикаторного блока в пластмассовом корпусе, двух датчиков переменного электрического поля (дипольной антенны и дискового пробника) и делителя 1:10. (рис.2)

Рабочий диапазон частот:

- полоса 1: 5 Гц ... 2000 Гц;
- полоса 2: 2 кГц ... 400 кГц.

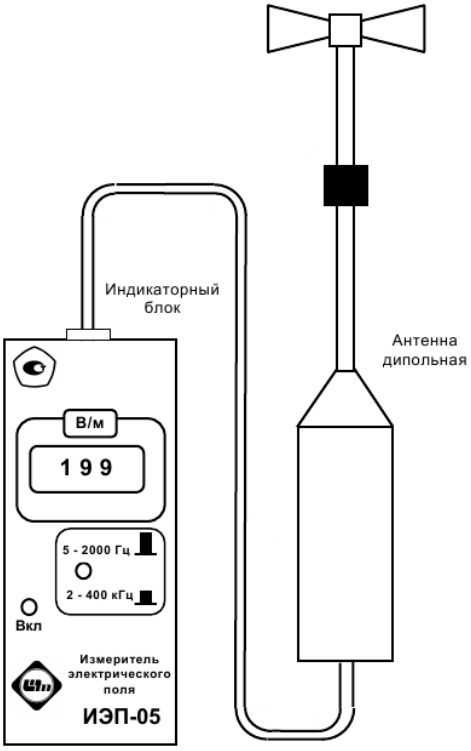


Рисунок 2 – Вид измерителя электрического поля ИЭП-05 с дипольной антенной.

Прибор должен размещаться таким образом, чтобы антенна была направлена в сторону источника поля.

При считывании с цифрового индикатора результатов измерения следует учитывать, что время установления показаний прибора около 5 с.

Максимальное показание индикатора 199 В/м при измерении в полосе 1 и 19,9 В/м при измерении в полосе 2.

При измерении с делителем показания прибора необходимо умножать на 10.

Во избежание выхода из строя прибора запрещается прикасаться руками к диполям антенны!

Порядок работы прибора

Порядок работы с прибором зависит от типа используемого датчика переменного электрического поля: антенны или дискового пробника.

Перед выполнением работы необходимо уточнить задание у преподавателя.

Порядок работы с антенной

1. Подсоедините антенну к разъему на торцевой стенке индикаторного блока.
2. Выберите полосу частот, установив в соответствующее положение кнопочный переключатель на передней панели индикаторного блока.
3. Включите прибор. Через 30 с прибор готов к работе.
4. Измерить напряженность электрического поля на разных расстояниях от источника.
5. Установите антенну прибора так, чтобы точка пересечения оси симметрии антенны с измерительной осью, проходящей через центры диполей, совпала с выбранной (измеряемой) точкой пространства.
6. Сориентируйте антенну в данной точке по максимуму показаний и зафиксируйте показания прибора Еинд. При измерениях учитывайте, что время установления показаний прибора приблизительно равно 5 с.
7. Вычислите значение напряженности поля Еизм по формуле:

$$Еизм = Еинд \cdot Кп \quad [В/м], \qquad (6)$$

где: Кп - частотно-зависимый коэффициент.

Если поле монохроматично и частота его известна, то Кп определяется по графикам для полосы 1 (Кп1) или 2 (Кп2) (Приложение 1). В противном случае коэффициент Кп принимается равным единице.

8. Устанавливать поочередно защитные экраны. В лабораторной работе используются следующие защитные экраны:

* сетка из оцинкованной стали с ячейками 1 мм;
* лист алюминиевой фольги;
* экран из полипропилена;
* экран из резины.

9. По окончании работы выключите прибор, отсоедините антенну от индикаторного блока.

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчёт должен содержать:

6. Название и цель лабораторной работы.
7. Основные понятия и формулы.
8. Название приборов, используемых в работе.
9. Результаты измерения интенсивности электромагнитного излучения на разных расстояниях от источника излучения при отсутствии и наличии защитных экранов, представленных в виде таблиц.
10. Кривые зависимости $E = f(l)$ по результатам измерения.
11. Вывод об эффективности использования защитных экранов.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К РАБОТЕ

ВАРИАНТ I

I. Измерить с помощью измерителя электрического поля ИЭП-05 с дипольной антенной напряженность поля при различных расстояниях до источника излучения без использования экрана и с экранами $E_{инд}$ и по формуле (6) рассчитать $E_{изм}$, данные занести в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты испытания

Условия измерения	Напряженность поля, В/м, при следующих расстояниях до источника излучения, мм					
	0	100	200	300	400	500
При отсутствии защитных экранов						
Сетка из оцинкованной стали с ячейками 1 мм						
Лист алюминиевой фольги						
Экран из полипропилена						
Экран из резины						

2. Построить график зависимости $E_{изм}$ = f (1). Все кривые начертить на одном графике.

3. Сделать вывод об изменение напряженности поля от расстояния до источника электромагнитного излучения и эффективности использования от природы материала защитного экрана. Сравнить полученные значения напряженности электромагнитного поля с нормативными (табл. 3).

4. Рассчитать время пребывания работника (по формуле 3) возле установки при отсутствии защитных экранов и при их наличии, используя значение энергетической нагрузки в соответствующем частотном диапазоне по табл. 2.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дайте определение электромагнитным полям и назовите их источники.
2. Каков механизм воздействия ЭМП на человека?
3. Перечислите основные характеристики электромагнитного поля.
4. Как классифицируются ЭМИ по частотным диапазонам или длине волны?
5. Виды нормирования ЭМИ.
6. Назовите основные методы защиты человека от ЭМИ.
7. На чем основан принцип работы измерителя электрического поля ИЭП-05.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обязательные издания

1. Борисова, Н. В. Безопасность жизнедеятельности. Лабораторный практикум / Н. В. Борисова, Е. В. Бычкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 168 с. — ISBN 978-5-507-46610-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/351905. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Рысин, Ю. С. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / Ю. С. Рысин, С. Л. Яблочников. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 132 с. — ISBN 978-5-4497-0440-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/124636.html. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

3. Безопасность жизнедеятельности : учебник / под редакцией Э. А. Арустамова. — 21-е изд. — Москва : Дашков и К, 2018. — 446 с. — ISBN 978-5-394-02972-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/105582. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Л.А. Муравей [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 431 с. – Режим доступа: http:// www.iprbookshop.ru/7017. – ЭБС «IPRbooks»

2. Дополнительные издания

1. Еременко В.Д. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Еременко В.Д., Остапенко В.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Российский государственный университет правосудия, 2016.— 368 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/49600.html.— ЭБС «IPRbooks».

2. Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности : учебник / Н.И. Акинин, Л.К. Маринина, А.Я. Васин [и др.] ; под общей редакцией Н.И. Акинина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-3891-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/116363

3. Екимова И.А. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие / Екимова И.А. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012. – 192 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13876.— ЭБС «IPRbooks»

3. Бурашников, Ю.М. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда на предприятиях пищевых производств : учебник / Ю.М. Бурашников, А.С. Максимов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-2497-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/93587

4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Л.А. Муравей [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 431 с. – Режим доступа: http:// www.iprbookshop.ru/7017. – ЭБС «IPRbooks».

5. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». - М.: Стандартинформ, 2022. – 412 с.

3. Периодические издания

6. Журнал «Безопасность труда в промышленности» https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8430

7. Журнал «Охрана и экономика труда» https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32420

8. Журнал «Экология промышленного производства» https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9263

4.Интернет-ресурсы

9.http://www.tehdoc.ru; http://www.safety.ru – нормативная документация по охране труда;

10.http://www.mintrans.ru –официальный сайт министерства транспорта РФ;

11.http://www.minzdravsoc.ru – официальный сайт Минздравсоцразвития;

12.http://www.mchs.ru/ -официальный сайт МЧС;

13.http://www.gks.ru/ -официальный сайт федеральной службы государственной статистики;

14.http://www.novtex.ru –научно-практический и учебно-методический журнал БЖД;

15.http://www.sci.aha.ru –web атлас по БЖД.

5. Источники ИОС

16. Безопасность жизнедеятельности

http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=1