МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

И.И. Антонова

Учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных работ по дисциплине **«Медико-биологические основы безопасности»** для студентов направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Казань
2022

УДК 614.8.084: 613.6.06
ББК 51.1
А72
Антонова И.И.
А72 Учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Медико-биологические основы безопасности» для студентов направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» / И.И. Антонова. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2022. – 64 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Учебно-методическое пособие разработано для выполнения студентами лабораторных работ по изучению реакции организма человека на воздействие вредных факторов окружающей среды (производственных, климатических), направленных на охрану здоровья работников.

Рецензент
Кандидат социологических наук,
доцент кафедры «Профессионального обучения, педагогики и социологии»
КазГАСУ
А.А. Бариева

УДК 614.8.084: 613.6.06
ББК 51.1

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2022

© Антонова И.И., 2022

Лабораторная работа № 1
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Цель работы: закрепить понятие о влажности воздуха и способах ее измерения; определить абсолютную и относительную влажность воздуха, точку росы; научиться пользоваться справочными таблицами: «Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры», «Психрометрическая таблица», приборами для измерения влажности воздуха – психрометром.

Оборудование: психрометр.

В атмосферном воздухе всегда присутствуют пары воды, которая испаряется с поверхности морей, рек, океанов и т.п.

Воздух, содержащий водяной пар, называют **влажным.**

Влажность воздуха оказывает огромное влияние на многие процессы на Земле. Влажность воздуха имеет большое значение для здоровья людей, так как от неё зависит теплообмен организма человека с окружающей средой. При низкой влажности происходит быстрое испарение с поверхности и высыхание слизистой оболочки носа, гортани, что приводит к ухудшению состояния.

Значит, влажность воздуха надо уметь измерять. Для количественной оценки влажности воздуха используют понятия абсолютной и относительной влажности.

Абсолютная влажность – величина, показывающая, какая масса паров воды находится в 1 м³ воздуха (т.е. это плотность водяного пара). Она равна парциальному давлению пара при данной температуре.

$$\rho_{\text{а}} = \frac{m}{V}, \text{кг}/_{\text{м}^3},$$

где m – масса водяного пара в воздухе; V – объем воздуха.

Парциальное давление пара – это давление, которое оказывал бы водяной пар, находящийся в воздухе, если бы все остальные газы отсутствовали.

Относительная влажность воздуха – отношение парциального давления паров воды в газе (в первую очередь, в воздухе) к равновесному давлению насыщенных паров при данной температуре. Обозначается греческой буквой φ. Абсолютная влажность – количество влаги, содержащейся в одном кубическом метре воздуха.

$$\varphi = \frac{\rho_{\text{а}}}{\rho_{\text{о}}}, \%,$$

где ρ_0 – плотность насыщенного водяного пара при данной температуре и определяется по таблице «Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры». Таким образом, относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром.

Для жилых помещений нормальной влажностью считается относительная влажность, равная 40–60%. О влажности воздуха можно судить только по относительной влажности, так как при одной и той же абсолютной влажности в зависимости от температуры воздух может казаться или сухим или влажным. Относительную влажность воздуха можно определить с помощью психрометра.

Психрометр состоит из двух термометров: сухого и увлажненного. На шарике увлажненного термометра закреплен фитиль, конец которого опущен в чашечку с водой. Вода, испаряясь с фитиля, забирает от термометра тепло, поэтому показания увлажненного термометра ниже, чем у сухого. По показанию сухого и разности показаний сухого и увлажненного термометров с помощью психрометрической таблицы находится относительная влажность воздуха.

Температура, при которой охлажденный воздух становится насыщенным водяными парами, называется точкой росы $T_р$.

При точке росы абсолютная влажность воздуха равна плотности насыщенного пара $\rho_0 = \rho_a$.

Запотевание холодного предмета, внесенного в теплую комнату, объясняется тем, что воздух вокруг предмета охлаждается ниже точки росы и часть имеющихся в нем водяных паров конденсируется.

Порядок выполнения работы

1. Снять показания психрометра в различных частях класса.
2. Пользуясь психрометрической таблицей определить относительную влажность воздуха.
3. Рассчитать абсолютную влажность воздуха и определить точку росы используя таблицу «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

$$\rho_{\text{а}} = \frac{\varphi \cdot \rho_{\text{о}}}{100\%}.$$

4. Результаты записать в таблицу:

№ измерения	Местоположение психрометра	Показания сухого термометра, T_c, К	Показания увлажненного термометра, $T_у$, К	Разность показаний сухого и увлажненного термометра, $T_c - T_у$, К	Относительная влажность воздуха, φ, %	Абсолютная влажность воздуха, ρ_a, кг/м^3	Точка росы, $T_р$, К
1							
2							
3							

5. Сделать выводы по работе.

Определение относительной влажности по психрометрической таблице

Определение относительной влажности по психрометрической таблице осуществляется следующим образом. По вертикальному левому столбцу температур психрометрической таблицы отмечается величина температуры, соответствующая температуре сухого термометра t_c. По горизонтальной верхней строке психрометрической таблицы выбирается столбец, соответствующий разности температур сухого и увлажненного термометров (т.е. t_c–t_y). В точке пересечения горизонтальной строки, соответствующей показаниям сухого термометра t_c и вертикального столбца, соответствующего разности температур t_c–t_y считывается величина относительной влажности воздуха (в процентах) для данных условий проведения опыта.

Например

Показания сухого термометра 18^0C (291 К) t_c=18^0C, а показания увлажненного термометра 15^0C (288 К) t_y=15^0C, находим разность показания сухого и увлажненного термометров t_c–t_y = 18^0C–15^0C = 3^0C (3 К).

В вертикальном столбике найдем показания сухого термометра (18^0C), а в горизонтальной строке разность показаний сухого и увлажненного термометров (3^0C), и на пересечении данных показаний находим относительную влажность воздуха φ=73%.

Показания сухого термометра	Разность показаний сухого и влажного термометров										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	81	63	45	28	11	-	-	-	-	-
1	100	83	65	48	32	16	-	-	-	-	-
2	100	84	68	51	35	20	-	-	-	-	-
3	100	84	69	54	39	24	10	-	-	-	-
4	100	85	70	56	42	28	14	-	-	-	-
5	100	86	72	58	45	32	19	6	-	-	-
6	100	86	73	60	47	35	23	10	-	-	-
7	100	87	74	61	49	37	26	14	-	-	-
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	-	-
9	100	88	76	64	53	42	34	21	10	-	-
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	-
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8	-
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	75	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
29	100	93	85	79	72	66	60	54	49	43	38
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

Определение абсолютной влажности

1. Определение абсолютной влажности по известному объему воздуха и содержанию водяного пара выполняется по уравнению.

Например

В 6 м^3 воздуха содержится 62 г водяного пара.

$V_{воздуха}$=6 м^3

$m_{водяного\ пара}$=62 г=62·10^{-3} кг.

Тогда абсолютную влажность можно рассчитать.

2. Определение абсолютной влажности по известной относительной влажности воздуха и температуре воздуха (показанию сухого термометра психрометра) выполняется по формуле и с использованием таблицы «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

Например

Относительная влажность воздуха φ=73%, температура воздуха (показания сухого термометра) 18^{0}С (291 К) t_c=18^{0}С.

По таблице определяем плотность насыщенного водяного пара (ρ_0) при данной температуре(18^{0}С).

$\rho_0 = 15{,}4 \cdot 10^{-3}$кг/м^3.

Давление ρ и плотность ρ насыщенных паров воды при различных температурах *t*

t, °С	*p* кПа	*p* мм рт. ст.	ρ, г/м³	*t*, °С	*p* кПа	*p* мм рт. ст.	ρ, г/м³
0	0,611	4,58	4,84	17	1,94	14,53	14,5
1	0,656	4,92	5,22	18	2,06	15,48	15,4
2	0,705	5,29	5,60	19	2,19	16,48	16,3
3	0,757	5,68	5,98	20	2,34	17,54	17,3
4	0,813	6,10	6,40	21	2,48	18,6	18,3
5	0,872	6,54	6,84	22	2,64	19,8	19,4
6	0,934	7,01	7,3	23	2,81	21,1	20,6
7	1,01	7,57	7,8	24	2,99	22,4	21,8
8	1,07	8,05	8,3	25	3,17	23,8	23,0
9	1,15	8,61	8,8	30	4,24	31,8	30,3
10	1,23	9,21	9,4	40	7,37	55,3	51,2
11	1,31	9,84	10,0	50	12,3	92,5	83,0
12	1,40	10,52	10,7	60	19,9	149,4	130
13	1,50	11,23	11,4	70	31,0	233,7	198
14	1,59	11,99	12,1	80	47,3	355,1	293
15	1,70	12,79	12,8	90	70,1	525,8	424
16	1,81	13,63	13,6	100	101,3	760,0	598

По формуле рассчитываем абсолютную влажность воздуха.

$$\rho_a = \frac{1{,}54 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{м^3} \cdot 73\%}{100\%} = 11{,}242 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{м^3} \approx 11{,}2 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{м^3}.$$

Определение точки росы

При определении точки росы используется таблица «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах» и значение абсолютной влажности ρ_a.

В колонке плотности находим значение наиболее близко совпадающее со значением ρ_a и проецируем на колонку температур, полученное значение и есть точка росы T_p.

Давление ρ и плотность ρ насыщенных паров воды при различных температурах *t*

t, °C	*p* кПа	*p* мм рт. ст.	ρ, г/м³	*t*, °C	*p* кПа	*p* мм рт. ст.	ρ, г/м³
0	0,611	4,58	4,84	17	1,94	14,53	14,5
1	0,656	4,92	5,22	18	2,06	15,48	15,4
2	0,705	5,29	5,60	19	2,19	16,48	16,3
3	0,757	5,68	5,98	20	2,34	17,54	17,3
4	0,813	6,10	6,40	21	2,48	18,6	18,3
5	0,872	6,54	6,84	22	2,64	19,8	19,4
6	0,934	7,01	7,3	23	2,81	21,1	20,6
7	1,01	7,57	7,8	24	2,99	22,4	21,8
8	1,07	8,05	8,3	25	3,17	23,8	23,0
9	1,15	8,61	8,8	30	4,24	31,8	30,3
10	1,23	9,21	9,4	40	7,37	55,3	51,2
11	1,31	9,84	10,0	50	12,3	92,5	83,0
12	1,40	10,52	10,7	60	19,9	149,4	130
13	1,50	11,23	11,4	70	31,0	233,7	198
14	1,59	11,99	12,1	80	47,3	355,1	293
15	1,70	12,79	12,8	90	70,1	525,8	424
16	1,81	13,63	13,6	100	101,3	760,0	598

Например

Абсолютная влажность воздуха равна:

$\rho_a = 11.2 \cdot 10^{-3}$ кг/м^3.

Находим в колонке плотности значение, наиболее близко совпадающее со значением ρ_a. Проецируем в горизонтальном направлении на колонку температур; полученное значение 13^0C и есть точка росы $T_p = 13^0$C.

Лабораторная работа № 2

ИЗМЕРЕНИЕ ЖИЗНЕННОЙ ЕМКОСТИ ЛЕГКИХ

Цель: научиться измерять жизненную емкость легких.

Оборудование: воздушный шар, линейка.

Техника безопасности: не участвуйте в эксперименте, если у вас проблемы с дыхательной системой.

Взрослый человек в зависимости от возраста и роста в спокойном состоянии при каждом вдохе вдыхает 300–900 мл воздуха и примерно столько

же выдыхает. При этом возможности легких используются не полностью. После любого спокойного вдоха можно вдохнуть еще дополнительную порцию воздуха, а после спокойного выдоха выдохнуть еще некоторое его количество. Максимальное количество выдыхаемого воздуха после самого глубокого вдоха называется жизненной емкостью легких. В среднем она составляет 3–5 л. В результате тренировки жизненная емкость легких может увеличиться. Большие порции воздуха, поступающего в легкие при вдохе, позволяют снабжать организм, достаточным количеством кислорода, не увеличивая частоту дыхания.

Резервный объем выдоха – это объем воздуха, равный 1500–2000 мл, который человек может выдохнуть, если после нормального выдоха сделает максимальный выдох.

Резервный объем вдоха – это объем воздуха, который человек может вдохнуть, если после нормального вдоха сделает максимальный вдох. Равен 1500–2000 мл.

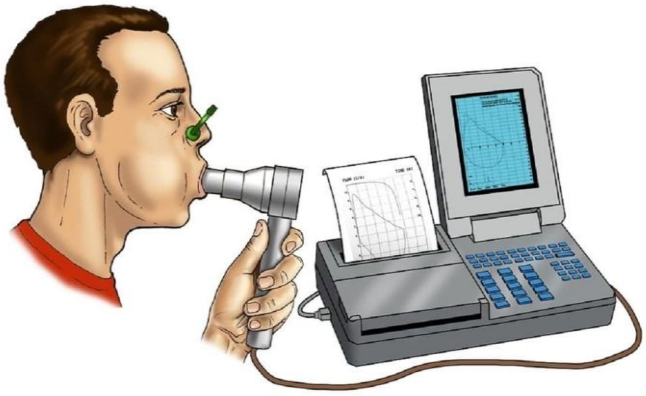
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – равна сумме резервных объемов вдоха и выдоха и дыхательного объема (в среднем 3700 мл) и составляет тот объем воздуха, который человек в состоянии выдохнуть при самом глубоком выдохе после максимального вдоха.

Остаточный объем (ОО) – это объем воздуха, который остается в легких после максимального выдоха. Равен 1000–1500 мл.

Общая (максимальная) емкость легких (ОЕЛ) является суммой дыхательного, резервных (вдох и выдох) и остаточного объемов и составляет 5000–6000 мл.

Исследование дыхательных объемов нужно для оценки компенсации дыхательной недостаточности путем увеличения глубины дыхания (вдоха и выдоха).

Спирография легких позволяет получить наиболее достоверные данные. Кроме измерения легочных объемов, с помощью спирографа можно получить ряд дополнительных показателей (дыхательный и минутный объемы вентиляции и др.). Данные записываются в виде спирограммы, по которой можно судить о норме и патологии. Спиро́метр (лат. spirometer – от spiro – дую, дышу и meter – измерять) – медицинский прибор для измерения объёма воздуха, поступающего из лёгких при наибольшем выдохе после наибольшего вдоха. Спирометр применяется для определения дыхательной способности. Процесс измерения жизненной ёмкости лёгких при помощи спирометра называется спиромéтрией.



Данный прибор применяется для оценки состояния дыхательной системы человека с помощью измерения и вычисления всех основных параметров дыхания и визуализации процесса дыхания.

Порядок выполнения работы

I. Измерение дыхательного объема

1. После спокойного вдоха, выдохните воздух в воздушный шар. Не нужно выдыхать с силой.

2. Сразу же закрутите отверстие в воздушном шаре, чтобы не выходил воздух. Положите шар на плоскую поверхность, например, стол и пусть ваш партнер приложит к нему линейку и измерит диаметр шара, как это показано на рис. 1. Данные внесите в табл. 1.

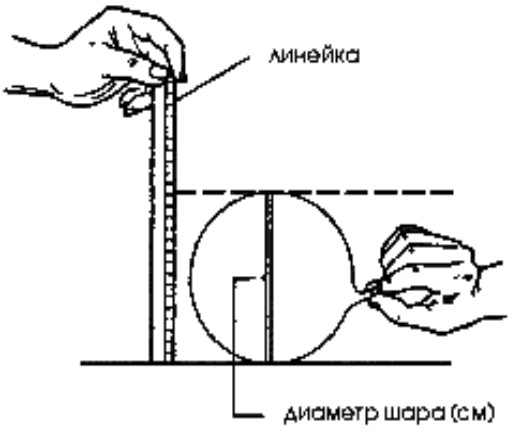


Рис. 1

3. Сдуйте воздушный шар и повторите то же самое еще два раза. Выведите среднее и данные внесите в табл. 1.

Таблица 1

Данные по измерениям воздушного шара

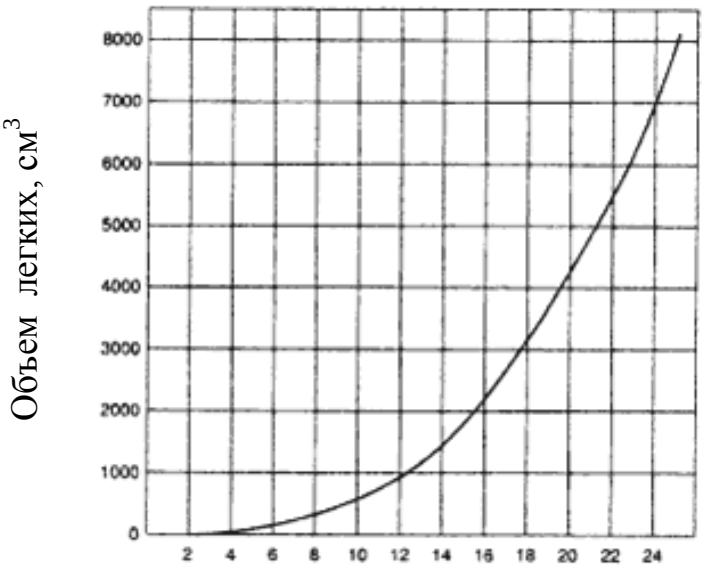
Проба	Диаметр воздушного шара (см), при измерении	
	Измерение дыхательного объема	Измерение жизненной емкости
1		
2		
3		
Среднее		

II. Измерение жизненной емкости

1. После спокойного дыхания, вдохните так глубоко, как только можете, и затем сделайте глубокий, насколько это возможно, выдох в воздушный шар.

2. Сразу же закрутите отверстие воздушного шара. Измерьте диаметр шара, данные внесите в табл. 1.

3. Сдуйте воздушный шар и повторите то же самое еще два раза. Выведите среднее и данные внесите в табл. 1.



Диаметр воздушного шара, см

График 1

4. Используя график 1, переведите полученные значения диаметра воздушного шара (табл. 1) в объем легких (см^3). Данные внесите в табл. 2.

Таблица 2

Результаты

Проба	Объем выдыхаемого воздуха, см^3	Жизненная емкость легких, см^3
1		
2		
3		
Среднее		

III. Вычисление жизненной емкости

1. Исследования показывают, что объем легких пропорционален площади поверхности тела человека. Для того, чтобы найти площадь поверхности тела, необходимо знать свой вес в килограммах и рост в сантиметрах. Эти данные внесите в табл. 3.

2. Используя график 2, определите площадь поверхности вашего тела. Для этого найдите ваш рост в см на левой шкале, отметьте точкой. Найдите на правой шкале ваш вес и тоже отметьте точкой. Проведите, используя линейку,

прямую линию между двумя точками. Место пересечения линий со средней шкалой и будет площадью поверхности вашего тела в м^2. Данные внесите в табл. 3.

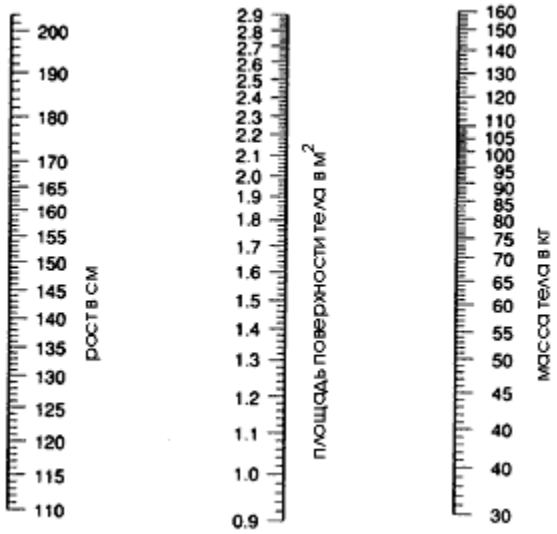


График 2

3. Для вычисления жизненной емкости ваших легких умножьте площадь поверхности вашего тела на коэффициент жизненной емкости, который равен 2000 см^3/м^2 для женщин и 2500 см^3/м^2 у мужчин. Внесите данные жизненной емкости ваших легких в табл. 3.

Таблица 3

Жизненные емкости легких

Параметры	**Значения**
Рост (см)	
Масса (кг)	
Площадь поверхности (м^2)	
Жизненная емкость легких (см^3)	

Выводы

1. Почему важно проводить одни и те же измерения три раза и выводить средние показатели?

2. Отличаются ли ваши показатели от показателей ваших сокурсников. Если да, то почему?

3. Как объяснить различия в результатах измерения жизненной емкости легких и полученных расчетным путем?

4. Для чего важно знать объем выдыхаемого воздуха и жизненную емкость легких?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОСПРИЯТИЯ И ОЩУЩЕНИЯ

Цель работы: научиться определять особенности психических процессов ощущения и восприятия.

Ощущения – это отражение свойств предметов объективного мира, возникающее при их непосредственном воздействии на рецепторы.

Восприятие – это целостное отражение предметов, ситуаций и событий, возникающее при непосредственном воздействии раздражителей на органы чувств.

Возникновение психологии как самостоятельной науки было связано с началом экспериментального изучения именно ощущения и восприятия. На лабораторных занятиях мы повторим ряд экспериментов, проводимых в первых психологических лабораториях под руководством немецкого психолога и философа XIX– XX вв. Вильгельма Вунда.

Опыт 1. Цель: Определение абсолютного порога кожных пространственных ощущений при помощи эстезиометра методом минимальных изменений.

Оборудование: эстезиометр – измеритель чувствительности (рис. 2).

Рис. 2. Эстезиометр (циркуль Вебера)

Прибор этот внешне напоминает штангенциркуль. Состоит он из металлического стержня с миллиметровыми делениями. На одной стороне стержня у нулевого деления укреплена неподвижная ножка. Между ножками эстезиометра можно установить различное расстояние.

Ход работы

Прикосновением раздвинутых на определенное расстояние ножек эстезиометра к тыльной стороне кисти у испытуемого вызывается ощущение двойного прикосновения. Рука испытуемого должна иметь упор в локтевом суставе, чтобы устранить ее напряженность. Экспериментатор, не надавливая, прикасается одновременно обеими ножками эстезиометра к коже испытуемого, который не должен видеть ножек прибора. В первой серии экспериментатор, постепенно увеличивая расстояние между ножками эстезиометра, прикасается к коже испытуемого. Увеличение дается минимальное, от 0 до того момента, когда испытуемый ощутит впервые два прикосновения. Во второй серии опытов расстояние между ножками прибора сокращается – от заведомо большого (например, 40 мм) до тех пор, пока испытуемый впервые перестает ощущать два прикосновения.

Рекомендации по оформлению работы. Данные опытов заносятся в таблицу результатов (табл. 4).

Абсолютную величину кожных пространственных ощущений можно определить по формуле E= (E1 +E2)/2= (17+19)/2 =18,0; где E1 и E2 – пороговая величина раздражителя в первой и второй серии опытов. После окончания опытов собираются все частные результаты, полученные для каждого испытуемого, и выводится средняя арифметическая величина абсолютного порога по данной подгруппе. Частный результат, полученный у отдельного испытуемого, сравнивается со среднегрупповой величиной. Если отклонений нет, то графа «Примечание» остается незаполненной. Если есть отклонения от среднегрупповой величины, то выясняют у испытуемого возможную причину отклонений и вписывают в «Примечание». Одной из основных причин

понижения чувствительности является утомление, т.е. такое состояние организма, которое сказывается на всех его проявлениях, в том числе и на работе отдельных органов.

Выводы студенты делают самостоятельно на основе сравнения частного результата со средней N величиной.

Таблица 4

Форма записи результатов исследования

Предъявленное раздражение	Показания испытуемого		Примечание
0		1	
1		1	
2		1	
3		1	
4		1	
5		1	
6		1	
7		1	
8		1	
9	2		
10	2		
11	2		
12	2		
13	2		
14	2		

Опыт 2. Цель: Исследование точности локализации слуховых раздражителей при помощи определения источника звука.

Оборудование: две монеты, секундомер.

Ход работы

Испытуемый неподвижно сидит на стуле с закрытыми или завязанными глазами. Экспериментатор, зажав между большим и указательным пальцами две монеты, стоит перед испытуемым и на одном и том же расстоянии от головы то слева, то справа, то сзади, то спереди, то сверху производит легкий лязг, потирая одну монету о другую (каждое из направлений задается 3–5 раз, но не подряд). Испытуемый должен указать, в каком, по его мнению,

направлении находится источник звука. После того как испытуемый справился с этой задачей, ему предлагается выполнить то же самое с помощью одного уха.

Обработка результатов. Запишите в таблицу (табл. 5) показания испытуемого о местонахождении источника звука, зафиксируйте количество правильных ответов и подсчитайте латентное (скрытое) время, которое понадобилось испытуемому, чтобы определить направление источника звука. Заполните таблицы, фиксирующие точность локализации слуховых раздражений при бинауральном (двумя ушами) и монауральном (одним ухом) слухе.

Таблица 5

Форма записи результатов

Номер предъявления	Местонахождение источника звука	Ответ испытуемого	Латентное время	Количество правильных ответов

После того как испытуемый определит (по несколько раз) местонахождение источника звука, по формуле подсчитывают, в каком направлении наиболее точно локализуется звук:

$$C = (A/B) \cdot 100,$$

где A – количество правильных ответов по одному направлению;

B – количество опытов по этому направлению.

В конце работы сравниваются общие результаты по локализации источника звука при бинауральном и монауральном слухе. Делаются выводы о степени точности, с какой локализуется источник звука в разных направлениях, и о положениях источника звука, при которых ошибки были более значительными.

Опыт 3. Цель: исследование точности в оценке времени.

Оборудование: секундомер.

Ход работы

Испытуемый должен определить отрезки времени, равные, например, 3, 50, 10, 17 секундам. Экспериментатор отмечает ударом карандаша по столу начало и конец временного отрезка. Испытуемый, не прибегая к счету или другому средству, оценивает и записывает продолжительность данного промежутка времени в секундах.

Обработка результатов

Номер опыта	Предъявленный раздражитель	Показания испытуемого	Разность между кажущимся временным отрезком и истинным

Затем определяется процентная точность (С) оценки времени по формуле:

$$C = (A \cdot 100)/B,$$

где А – разность между предъявленным раздражителем (отрезком времени в секундах) и отрезком времени, названным испытуемым (знак не учитывается); В – отрезок времени, заданный экспериментатором.

Опыт 4. Цель: исследование точности воспроизведения отрезка времени в 1 секунду.

Оборудование: секундомер.

Ход работы

Экспериментатор просит испытуемого определить неизвестный для последнего промежуток времени (например, в 10 с), ограничивая начало и конец данного периода ударами карандаша по столу. Между двумя ударами карандаша испытуемый должен отсчитывать про себя количество секунд.

Обработка результатов. Проводится простой расчет, показывающий, с какой точностью каждый испытуемый мог определить отрезки времени в 1 секунду. Было 10 с, а он отсчитал 15 10/15 = 0,67 – значит на 0,33 < 1 с; было 10, а он отсчитал 8 10/8 = 1,25 – значит на 0,25> 1 с.

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И УСТОЙЧИВОСТИ ВНИМАНИЯ

Цель работы: определение степени устойчивости внимания при его сосредоточении и изучение влияния длительной работы на концентрацию внимания.

Изучение индивидуальных особенностей внимания и их объективная оценка необходимы при решении многих практических задач учебной и трудовой деятельности. В их числе проблемы профориентации и профотбора. Целый ряд профессий предъявляет повышенные требования к определенным свойствам внимания. Высшая нервная и психическая деятельность человека всегда характеризуется определенной направленностью и избирательностью.

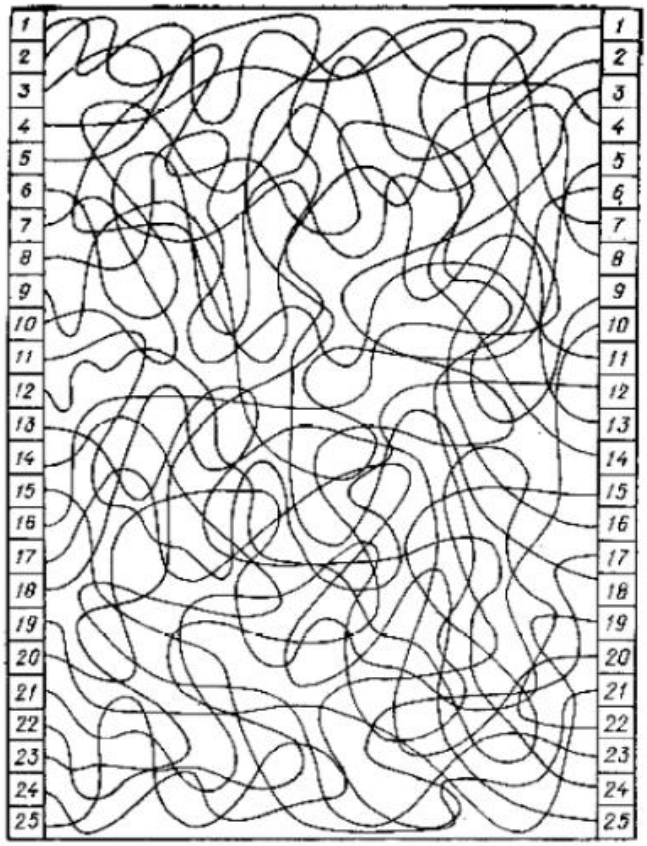
Внимание – это направленность и сосредоточенность сознания, предполагающие повышение уровня сенсорной, интеллектуальной или двигательной активности индивида. Внимание – одна из важнейших психологических функций. Оно – обязательное условие результативности любой деятельности, будь то восприятие реальных предметов и явлений, выработка двигательного навыка или операции с числами, словами, образами, совершаемые в уме.

Оборудование: варианты бланков с перепутанными линиями по методике Рисса, секундомер и ключ для проверки.

Порядок выполнения работы

На бланке в прямоугольнике проведены перепутанные линии, которые начинаются у его левой стороны и заканчиваются у правой. Линии пронумерованы от 1 до 25. Задача испытуемого – проследить ход каждой линии и поставить у правого ее конца тот же номер, что и у левого. Инструкция испытуемому. На бланке 1 Вы видите ряд линий, перепутанных между собой. Ваша задача – проследить каждую линию слева направо и в протоколе поставить тот номер, на котором эта линия заканчивается. Вам необходимо начать с первой линии, потом перейдите ко второй и т.д. Следить за линиями

надо только глазами; помогать пальцами, карандашом нельзя. Старайтесь работать быстро и не делать ошибок.



Бланк 1

Обработка результатов

1. Анализируются результаты наблюдения за выполнением задания испытуемым. При наблюдении следует отметить, что преобладает у исследуемого: установка на скорость или на точность; уверен ли он в своих действиях, многократно ли себя проверяет; трудно ли сосредоточить внимание на прослеживании линий, появляется ли желание помочь себе каким-нибудь путем (пальцем, карандашом) или выполняет задание без труда.

2. Интерпретируются результаты самоотчета испытуемого. Необходимо обратить внимание на то, что в данном задании было трудным для испытуемого; в чем причина невысокой скорости выполнения задания (избегание ошибок, сбои в прослеживании линий); как оценивает испытуемый наличие у него ошибок, и чем он это объясняет.

3. При определении количественных показателей учитывается время, затраченное исследуемым на нахождение линий (общее время, затраченное испытуемым на нахождение линий (T); время, затраченное на нахождение с 1 по 5 линию, с 6 по 10, с 11 по 15, с 16 по 20, с 21 по 25 (T_i)).

4. Подсчитывается число правильно прослеженных линий, а также количество ошибок и число линий, оставшихся непрослеженными.

5. Строится график динамики концентрации и устойчивости зрительного внимания. На оси абсцисс отмечаются этапы выполнения методики (i), а на оси ординат – время выполнения каждого этапа (Ti). На основе полученных данных необходимо сделать вывод о влиянии утомляемости и/или упражняемости на выполнение задания испытуемым.

6. Вычисляется показатель успешности выполнения задания (Y):

$$Y = \frac{T}{N_{\text{пр.}}},$$

где T – время выполнения задания (мин.), а $N_{\text{пр.}}$ – количество правильно прослеженных линий.

7. Полученные показатели интерпретируют, исходя из того, что ошибки в прослеживании линий и медленный темп работы (большое время поиска) при нормальной остроте зрения свидетельствует о слабой концентрации внимания. Об устойчивости (или наоборот, истощаемости) концентрированного внимания судят по сохранению (либо) снижению темпа работы от начала к концу задания. После получения индивидуальных оценок успешности (Y) или показателей количества правильно прослеженных линий (в варианте с ограничением времени) вычисляются соответствующие средне-групповые оценки, строятся 95%-ные доверительные интервалы и делаются диагностические выводы. Результаты можно сравнивать с данными, полученными на различных контингентах испытуемых.

8. Делаются выводы о характере устойчивости и концентрации внимания данного испытуемого.

Лабораторная работа № 5–6

ФИЗИОЛОГИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ (ССС)

Цель работы: ознакомиться с общими закономерностями функционирования сердечно-сосудистой системы, научиться некоторым методам исследования деятельности сердца.

Оборудование: тонометр.

Кровообращение обеспечивает все процессы метаболизма в организме человека и поэтому является компонентом различных функциональных систем, определяющих гомеостаз. Выполняя одну из главных функций – транспортную, сердечно-сосудистая система обеспечивает ритмичное течение физиологических и биохимических процессов в организме человека. К тканям и органам по кровеносным сосудам доставляются все необходимые вещества (белки, углеводы, кислород, витамины, минеральные соли) и отводятся продукты обмена веществ и углекислый газ. Сердечно-сосудистая система выполняет регуляторную и защитную функции и в содружестве с нервной и гуморальной системами играет важную роль в обеспечении целостности организма.

Сосудистая система делится на кровеносную и лимфатическую. Эти системы анатомически и функционально тесно связаны, дополняют друг друга. Кровеносная система состоит из центрального органа кровообращения – сердца, ритмические сокращения которого дают движение крови по сосудам, и самих сосудов. Лимфатическая система состоит из лимфатических сосудов, узлов и протоков.

К основным особенностям сердечной мышцы относятся: автоматия, возбудимость, сократимость, проводимость.

Автоматия – способность к ритмическому сокращению миокарда под влиянием импульсов, возникающих в нем самом. В состав сердечной поперечнополосатой мышечной ткани входят типичные сократительные мышечные клетки – кардиомиоциты.

Возбудимость сердечной мышцы возникает под влиянием электрических, химических, термических и других раздражителей мышцы сердца, которая способна переходить в состояние возбуждения.

Проводимость сердечной мышцы заключается в том, что волны возбуждения проходят по ее волокнам с неодинаковой скоростью. Возбуждение по волокнам мышц предсердий распространяется со скоростью 0,8–1,0 *м/с*, по волокнам мышц желудочков – 0,8–0,9 *м/с*.

По лимфатической системе в кровеносную из тканей возвращаются вода, белки, жиры, продукты обмена веществ. Данная система выполняет ряд функций: поддерживает объем и состав тканевой жидкости; поддерживает гуморальную связь между тканевой жидкостью всех органов и тканей; осуществляет всасывание и перенос пищевых веществ из пищеварительного тракта в венозную систему, а также перенос в костный мозг и к месту повреждения мигрирующих лимфоцитов.

Основные показатели деятельности сердца

Функция сердца – резервуарная и нагнетательная: в период расслабления сердечной мышцы в нем накапливается очередная порция крови, а во время сокращения часть этой крови выбрасывается в большой и малый круги кровообращения. Сокращение сердечной мышцы называется *систолой*, расслабление – *диастолой.*

За минуту у взрослого человека выбрасывается из каждого желудочка в среднем 4,5–5,0 литров крови. Этот показатель носит название «минутный объем кровообращения» или «минутный объем крови» (МОК). В расчете на площадь поверхности за минуту сердце взрослого человека выбрасывает в каждый круг около 3 $л/м^2$ крови. Этот показатель получил название «сердечный цикл». В среднем за 70 лет жизни сердце совершает около 2600 *млн* сокращений, перекачивая около 155 *млн л* крови.

Сердце здорового человека сокращается ритмично в состоянии покоя с частотой 60–70 ударов в минуту. Период, который включает одно сокращение

и последующее расслабление, составляет сердечный цикл. Полный сердечный цикл продолжается 0,8–0,85 *с*.

Важнейшей характеристикой производительности сердца является с*истолический объем*.

Артериальное давление – это давление крови в крупных артериях человека. Различают два показателя артериального давления:

- систолическое (верхнее) артериальное давление (СД) – это уровень давления крови в момент максимального сокращения сердца, характеризует состояние миокарда левого желудочка и равняется 100–120 *мм рт.ст.*;
- диастолическое (нижнее) артериальное давление (ДД) – это уровень давления крови в момент максимального расслабления сердца, характеризует степень тонуса артериальных стенок и равняется 50–80 *мм рт.ст*.

Артериальное давление измеряется в миллиметрах ртутного столба, сокращенно *мм рт.ст*. Значение величины артериального давления 120/80 означает, что величина систолического давления равна 120 *мм рт.ст*., а величина диастолического артериального давления равна 80 *мм рт.ст*.

Разность между величинами систолического и диастолического давлений называется пульсовым давлением (ПД). Оно показывает, насколько систолическое давление превышает диастолическое, что необходимо для открытия полулунного клапана аорты во время систолы. В норме пульсовое давление равно 35–55 *мм рт. ст*.

Только при таких условиях во время систолы левого желудочка клапан открывается полностью, и кровь поступает в большой круг кровообращения. Если систолическое давление станет равным диастолическому, движение крови будет невозможным и наступит смерть. Повышение давления на каждые 10 *мм рт.ст*. увеличивает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний на 30%.

Величина кровяного давления зависит от трех основных факторов:

– частоты и силы сердечных сокращений;

– величины периферического сопротивления, т.е. тонуса стенок сосудов, главным образом, артериол и венул;

– объема циркулирующей крови.

Артериальное давление здорового человека является величиной довольно постоянной, однако оно всегда подвергается небольшим колебаниям в зависимости от фаз деятельности сердца и дыхания. Кровопотери ведут к снижению кровяного давления, а переливание большого количества крови повышает артериальное давление. Величина давления зависит от возраста. У детей артериальное давление ниже, чем у взрослых, потому что стенки сосудов более эластичны.

Методы измерения артериального давления

Для измерения артериального давления в настоящее время используют косвенный метод.

Косвенный метод Короткова – был разработан русским хирургом Н.С. Коротковым в 1905 году – позволяет измерять артериальное давление очень простым прибором. Метод Короткова основан на измерении той величины давления, которая необходима для полного сжатия артерии и прекращения в ней тока крови.

Для измерения артериального давления методом Короткова применяются механические и электронные измерители со световой и цифровой индикацией. Механические измерители состоят из механического манометра, манжеты с грушей и фонендоскопа. Данные приборы в основном используются в профессиональной медицине, так как без специального обучения можно допустить погрешности в определении показателей.

Для домашнего использования наиболее подходят электронные измерители. Их применение не требует никакого предварительного обучения и при соблюдении простых методических рекомендаций позволяет получить точные данные артериального давления путем нажатия одной кнопки. Принцип их действия основан на регистрации прибором пульсаций давления воздуха, возникающих в манжете, при прохождении крови через сдавленный участок артерии.

Выполнение лабораторной работы

Опыт 1. Ритм сердца и факторы, влияющие на него

Пульсометрия – это определение частоты сердечного ритма, необходимое для оценки степени функционального напряжения организма, степени тяжести и напряженности трудового процесса. Во время работы оптимальная частота пульса может колебаться в пределах 75–95 *уд/мин*. Пульсометрия осуществляется пальпаторно с помощью секундомера в течение 15–30 сек. с последующим пересчетом на число ударов в минуту. Можно также определить ритмичность пульса. Ритмичным пульс считается в том случае, если количество ударов за 10 сек. не будет отличаться более чем на один удар от предыдущего измерения. Значительные колебания числа сердечных сокращений за отрезки времени 10 сек. свидетельствуют об аритмичности пульса. Ритм сердца изменяется в процессе физической работы и в состоянии относительного покоя в зависимости от температуры крови и т.д.

Ход работы

1. Сосчитать по пульсу число сердечных сокращений за одну минуту:

а) в положении сидя (занести результаты в табл. 6);

б) после физической нагрузки (20 приседаний или бег на месте в течение одной минуты).

Для определения пульса на артериях необходимо:

– на лучевой – захватить кисть в области лучезапястного сустава таким образом, чтобы указательный, средний и безымянный пальцы располагались с ладонной стороны, а большой – с тыльной стороны кисти;

– на височной – приложить пальцы в области височной кости;

– на сонной – на середине расстояния между углом нижней челюсти и грудино-ключичного сочленений, указательный и средний пальцы кладутся на адамово яблоко (кадык) и продвигаются вбок на боковую поверхность шеи.

Рекомендуется прощупывать пульс плашмя, а не кончиками пальцев.

Таблица 6

Результаты пульсометрии

Артерия	**ЧСС**
Височная	
Лучевая	
Сонная	

Опыт 2. Определение длительности сердечного цикла у человека по пульсу

Ход работы

Нащупать пульс на лучевой артерии у себя или коллеги. Подсчитать число пульсовых ударов за 5 *с* несколько раз в течение трех минут. Число 5 разделить на каждое найденное число, определяя тем самым продолжительность одного сердечного цикла. Рассчитать среднюю продолжительность сердечного цикла.

Затем определить число пульсовых ударов за 60 *с*. Найти среднюю продолжительность сердечного цикла, разделив число 60 на количество измеренных пульсовых ударов.

Опыт 3. Измерение артериального давления способом Короткова

Наблюдения проводятся на человеке.

Ход работы

Студенты образуют пары: испытуемый, экспериментатор.

1. Измерить артериальное давление с помощью тонометра.

2. Вычислить величину пульсового давления (ПД).

3. Повторить исследования кровяного давления: а) тотчас после двухминутного бега на месте; б) через пять минут отдыха.

Время, в течение которого производится измерение давления по Короткову, не должно длиться более одной минуты. Величину пульсового давления рассчитывают, вычитая из величины систолического давления величину диастолического.

Для определения должной индивидуальной нормы артериального давления могут быть использованы следующие зависимости, где Х – возраст, У – вес:

мужчины – СД = 109 + 0,5 Х + 0,1 У, ДД = 74 + 0,1 Х + 0,15 У;

женщины – СД = 102 + 0,7 Х + 0,15 У, ДД = 78 + 0,17 Х + 0,15 У.

Для определения среднего кровяного давления (СКД), выражающего энергию непрерывного движения крови и представляющего довольно постоянную величину для данного организма, можно использовать следующие формулы:

формула Хикема:

$$СКД = ДД + (СД – ДД)/3.$$

Для оценки функционального состояния ССС рассчитывают минутный объем сердца (МО) и сравнивают с должной величиной (ДМО).

$$МО = УО \bullet ЧСС; ДМО = 2,2\ ПТ,$$

где 2,2 – сердечный индекс, *л*; ПТ – поверхность тела, рассчитываемая по номограмме (прил. А), УО – ударный объем сердца в *мл*; ЧСС – частота сердечных сокращений.

$$УО = 101 + 0,5\ СД – 1,09\ ДД – 0,6\ В,$$

где В – возраст, *г*. Результаты записать в табл. 7.

Таблица 7

Результаты измерения артериального давления методом Короткова

Показатели	**Результат**
СД	
ДД	
ПД	
Норма СД (по формулам)	
Норма ДД (по формулам)	
СКД	

Опыт 4. Функциональные пробы на реактивность сердечно-сосудистой системы

Синхронная регистрация различных внешних проявлений деятельности ССС при проведении различных функциональных проб расширяет диагностические возможности в анализе работы этой важной системы организма. Реакции гемодинамики на функциональные нагрузки можно разделить на три основных типа:

– адекватный с умеренным учащением пульса не более 50% к исходному уровню, увеличением систолического АД до 30% при незначительных колебаниях диастолического АД и восстановлением в течение 3–5 *мин.*;

– неадекватный с чрезмерным увеличением показателей пульса и АД и задержкой восстановления более пяти минут;

– парадоксальный тип реакции, не соответствующий энергетическим потребностям, с колебаниями показателей менее 10% к исходному уровню.

Ход работы

В опыте участвуют четыре человека: испытуемый, измеряющий АД, подсчитывающий пульс, записывающий данные в таблицу. Заготовив предварительно таблицу, усаживают испытуемого. Один из участников опыта измеряет у него СД, второй заполняет таблицу отчета (табл. 8), третий подсчитывает пульсовые удары и протоколирует их. Определение артериального давления и пульса идет обязательно одновременно. Измерения проводят несколько раз, пока не будут получены две одинаковые цифры (близкие) показателей АД и пульса. Предлагают испытуемому встать и быстро измеряют давление несколько раз подряд. Одновременно за каждые 15 сек. сообщаются данные частоты пульса. Измерения проводятся до тех пор, пока показания не вернутся к исходным величинам (до полного восстановления). Аналогичное наблюдение провести после физической нагрузки (20 приседаний).

Для оценки тренированности ССС к выполнению физической нагрузки могут использоваться такие показатели, как коэффициент выносливости (КВ) и показатель качества реакции (ПКР):

$$КВ = (ЧСС / ПД)•10,$$

$$ПКР = (ПД_2 – ПД_1)/(ЧСС_2 – ЧСС_1),$$

где $ПД_1$ и $ЧСС_1$ – пульсовое давление и пульс до нагрузки; $ПД_2$ и $ЧСС_2$ – пульсовое давление и пульс после нагрузки.

Таблица 8

Результаты исследования ССС на функциональную реактивность

Показатели	**Покой**	**После работы через**						
		0 мин.	1 мин.	2 мин.	3 мин.	4 мин.	5 мин.	... мин.
ЧСС								
АД								

Коэффициент выносливости в норме равен 16. Увеличение этого значения говорит об ослаблении деятельности ССС. ПКР у здорового человека ≤ 1. Исходя из этих данных, сделать вывод по работе.

Лабораторная работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО И ОСНОВНОГО ОБМЕНА

Цель работы: определить основной и суточный общий обмен человека расчетными методами.

Оборудование: ростомер, весы, калькулятор, таблицы.

Питание является одним из важных факторов, определяющих состояние здоровья и работоспособность организма. Оно необходимо для построения и непрерывного обновления клеток и тканей, поступления энергии для восполнения энергетических затрат организма, биологически активных веществ, из которых образуются в организме ферменты и гормоны. Питание в значительной мере определяет сопротивляемость организма различным

инфекциям и выработку общего иммунитета. Иначе говоря, обмен веществ и энергии, структура и функции всех клеток, тканей, органов всего организма в целом находятся в прямой зависимости от характера питания.

Основными веществами, необходимыми для жизнедеятельности организма, являются белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины и вода. Белки, некоторые жирные кислоты, витамины, минеральные вещества и вода относятся к незаменимым пищевым веществам и обязательно должны поступать в организм с пищей. Углеводы и жиры до известной степени могут быть взаимозаменяемы или образовываться из белков. Однако длительная замена или взаимопреобразование приводят к нарушению обменных процессов в организме, и поэтому введение их с пищей также обязательно.

Белки служат главным образом материалом для построения клеток, тканей и органов, образования ферментов и большинства гормонов, входят в состав соединений, обеспечивающих иммунитет организма к инфекциям. Белки выполняют и энергетическую функцию – при окислении 1 г белка выделяется около 4 ккал тепла.

Жиры обладают большой энергоемкостью – 1 г жира при окислении дает около 9 ккал – и обеспечивают 33% суточной энергетической ценности пищевого рациона. Они выполняют пластическую функцию, являясь структурной частью клеток и их мембранных систем. Жиры участвуют в обмене витаминов, способствуя их усвоению, и одновременно служат источником некоторых витаминов (A, D, E).

Углеводы – основной источник энергии для организма. Хотя при окислении 1 г углеводов выделяется только около 4 ккал, по энергоемкости они должны составлять 54% энергоемкости суточного пищевого рациона. Углеводы входят в состав почти всех клеток и тканей организма, выполняя пластическую роль. Они принимают участие в белковом обмене, способствуя синтезу нуклеиновых кислот и аминокислот. Большое значение углеводы имеют при жировом обмене.

Витамины не имеют пластического и энергетического значения. Это биологически активные вещества, регулирующие обмен веществ и разносторонне влияющие на жизнедеятельность организма. Они не синтезируются в организме и проявляют свое биологическое действие в малых дозах – в миллиграммах или тысячных долях миллиграмма, при поступлении с пищей, самостоятельно или в составе ферментов. Недостаток витаминов приводит к гиповитаминозу, а их полное отсутствие в организме – к авитаминозу.

Минеральные вещества обладают пластическими свойствами, участвуя в построении тканей, особенно костной; регулируют кислотно-щелочное состояние организма, входят в состав и влияют на функцию ферментных систем, гормонов и витаминов; нормализуют водно-солевой обмен. Физиологическое влияние минеральных веществ распространяется на все системы организма и биохимические процессы, происходящие в них.

Выделяют *макро-* и *микроэлементы.* Первые содержатся в тканях или продуктах в больших количествах – десятках и сотнях миллиграмм, вторые – в миллиграммах или их тысячных долях.

Вода является важнейшей частью пищевого рациона, ибо все биохимические процессы в клетках организма проходят в водной среде. Недостаток воды организм переносит значительно хуже, чем отсутствие других пищевых веществ. Потеря организмом более 10% воды угрожает его жизнедеятельности. Потребность в воде зависит от возраста, характера питания и деятельности, климата, состояния здоровья и т.д.

Вся энергия, которую тратит человек в процессе обычной жизнедеятельности в течение суток, носит название *общий обмен.* Суточный расход энергии у взрослого человека значительно превышает величину основного обмена и складывается из следующих компонентов:

а) основной обмен;

б) усвоение пищи – специфически динамическое действие пищи;

в) рабочая прибавка, т.е. энерготраты, связанные с выполнением той или иной работы.

Основной обмен – это энерготраты организма на поддержание основных процессов жизнедеятельности: дыхательной, сердечно-сосудистой и выделительной систем, системы терморегуляции и поддержание определенного мышечного тонуса человека, находящегося в состоянии полного мышечного и эмоционального покоя, спустя 12–16 часов после приема пищи и при комфортной температуре окружающей среды 20–22°С.

Уровень основного обмена зависит от возраста, пола, массы тела, роста человека. У детей в связи с высокой интенсивностью обменных процессов основной обмен повышен, у женщин при прочих равных условиях он ниже, чем у мужчин, примерно на 10% за счет меньшей мышечной массы. В среднем здоровый человек среднего возраста расходует примерно 1 ккал на 1 кг массы тела в 1 час.

Специфически динамическое действие пищи (СДДП) проявляется в усилении интенсивности обмена веществ и увеличении расхода энергии организма на прием и усвоение пищи. Наибольший расход энергии отмечается при усвоении белков и в меньшей степени – углеводов и жиров. При обычном смешанном питании уровень СДДП составляет 10–15% от уровня основного обмена.

Рабочая прибавка – это расход энергии на движения и трудовую деятельность на производстве и в домашних условиях. Она определяется преимущественно мышечной работой, ее интенсивностью и продолжительностью. Поэтому при установлении величин суточной потребности в энергии взрослого трудоспособного населения решающее значение приобретает характер труда.

Мышечная работа увеличивает степень энерготрат (чем интенсивнее выполняемая работа, тем выше затраты энергии). Степень энергетических затрат при различной физической активности определяется коэффициентом физической активности, т.е. отношением общих энергозатрат на все виды деятельности в сутки к величине основного обмена. По этому принципу все население можно разделить на пять групп (табл. 9).

Таблица 9

Затраты энергии при различных видах деятельности

Группа	Особенности профессии	Коэффициент физической активности	Суточный расход энергии	
			Мужчины	Женщины
Первая	Умственный труд (руководители предприятий, медики, педагоги, научные работники, писатели, журналисты, студенты, диспетчеры пультов управления)	1,4	2550–2800	2200–2450
Вторая	Легкий физический труд (водители трамваев, троллейбусов, работники конвейеров, весовщицы, упаковщицы, швейники, работники радиоэлектронной промышленности, агрономы, работники связи, сферы обслуживания)	1,6	3000–3200	2550–2700
Третья	Физический труд средней тяжести (слесари, наладчики, настройщики, станочники, буро вики, водители экскаваторов и бульдозеров, водители автобусов, врачи-хирурги, текстильщики, обувщики, железнодорожники, водители угольных комбайнов, аппаратчики, металлурги, работники химических заводов)	1,9	3200–3650	2600–2800
Четвертая	Тяжелый физический труд (строительные рабочие, помощники буровиков, проходчики, основная масса сельскохозяйственных рабочих и механизаторов, доярки, овощеводы, деревообработчики, металлурги и литейщики)	2,2	3700–4250	2900–3150
Пятая	Особо тяжелый физический труд (механизаторы и сельскохозяйственные рабочие в посевной и уборочный период, горнорабочие, вальщики леса, бетонщики, каменщики, землекопы, грузчики немеханизированного труда)	2,5	3900–4300	3900–4300

В каждой перечисленной группе следует различать три возрастные категории: 18–29, 30–39 и 40–59 лет. Для лиц 60–74 лет среднесуточный расход энергии составляет 2300 ккал (муж.), 2100 ккал (жен.); старше 75 лет – 2000 ккал (муж.) и 1900 ккал (жен.). Если лица пенсионного возраста работают, то расход энергии у них возрастает на 5–10 %.

Для лиц, занимающихся спортом, существуют нормативные значения суточных энергозатрат, конкретизированные по видам спорта:

I группа – виды спорта, не требующие значительных мышечных усилий: шахматы, шашки – 2800–3200 ккал (муж.) и 2600–3000 ккал (жен.). При этом средневесовые значения для мужчин – 70 кг, для женщин – 60 кг (это положение распространяется на все последующие группы);

II группа – виды спорта, требующие кратковременных значительных усилий: акробатика, гимнастика (спортивная, художественная), конный спорт, легкая атлетика (барьерный бег, метания, прыжки, спринт), настольный теннис, парусный спорт, прыжки на батуте, прыжки в воду, прыжки на лыжах с трамплина, санный спорт, стрельба (из лука, пулевая, стендовая), тяжелая атлетика, фехтование, фигурное катание – 3500–4500 ккал (муж.) и 3000–4000 ккал (жен.);

III группа – виды спорта, требующие продолжительных и интенсивных усилий: бег на 400, 800, 1500 и 3000 м, бокс, борьба (вольная, дзюдо, классическая, самбо), горнолыжный спорт, плавание, многоборья легкоатлетические, современное пятиборье, спортивные игры (баскетбол, волейбол, водное поло, регби, теннис, футбол, хоккей с мячом, с шайбой, на траве) – 4500–5500 ккал (муж.) и 4000–5000 ккал (жен.);

IV группа – виды спорта, требующие длительных, напряженных усилий: альпинизм, бег на 10000 м, биатлон, велоспорт (шоссейные гонки), гребля (академическая, на байдарках и каноэ), коньки (многоборье), марафон, ходьба спортивная – 5500–6500 ккал (муж.) и 6000 ккал (жен.);

V группа – виды спорта, отнесенные к IV группе, в дни соревнований.

Расход энергии составляет в сутки 7000–8000 ккал и более.

Условия для измерения основного обмена трудно создать в учебной лаборатории. Специальные таблицы дают возможность по росту, возрасту и массе испытуемого определить среднестатистический уровень основного обмена человека с указанными физическими данными.

Расчет основного обмена человека

Ход работы

1. Определите индивидуальные основные антропометрические параметры: рост и вес.

2. Найдите стандартную величину (теоретическую «норму») индивидуального основного обмена по таблицам с учетом веса, роста, пола и возраста (табл. 11, 12, 13). Таблицы для мужчин и женщин разные (так как у мужчин основной обмен выше примерно на 10%, чем у женщин). В табл. 10 найдите число килокалорий, соответствующее весу, а в табл. 11, 12 на пересечении граф роста и возраста найдите значение килокалорий, соответствующее этим данным.

Сложите оба найденных числа и определите среднестатистическую величину основного обмена, соответствующую норме.

3. Определите основной обмен человека за 1 час.

Пример расчета величины основного обмена (табл. 10): испытуемым является мужчина в возрасте 21 года, ростом 160 см, весом 60 кг.

Таблица 10

Расчет величины основного обмена человека

Испытуемый	Возраст, годы	Вес, кг	Рост, см	Число в табл. 10	Число в табл. 11, 12	Сумма (основной обмен)
Мужчина	21	60	160	892	659	1551 ккал

Отсюда основной обмен за 1 час равен 1551:24 = 64, 625 ккал (65 ккал). Более точно основной обмен определяется по *формуле Гарриса и Бенедикта:*

Н муж. = 66,473 + 13,7516 · В + 5,0033 · Р – 6,755 · А;

Н жен. = 665,0956 + 9,5634 · В + 1,8498 · Р – 4,6756 · А,

где В – масса тела в кг; Р – рост в см; А – возраст в годах.

Таблица 11

Определение основного обмена по массе тела

Женщины				Мужчины			
кг	**ккал**	**кг**	**ккал**	**кг**	**ккал**	**кг**	**ккал**
44	1076	**64**	1267	**50**	754	**70**	1029
45	1085	**65**	1277	**51**	768	**71**	1043
46	1095	**66**	1286	**52**	782	**72**	1057
47	1105	**67**	1296	**53**	795	**73**	1070
48	1114	**68**	1305	**54**	809	**74**	1084
49	1124	**69**	1315	**55**	823	**75**	1098
50	1133	**70**	1325	**56**	837	**76**	1112
51	1143	**71**	1334	**57**	850	**77**	1125
52	1152	**72**	1344	**58**	864	**78**	1139
53	1162	**73**	1353	**59**	878	**79**	1153
54	1172	**74**	1363	**60**	892	**80**	1167
55	1181	**75**	1372	**61**	905	**81**	1180
56	1191	**76**	1382	**62**	919	**82**	1194
57	1200	**77**	1391	**63**	933	**83**	1208
58	1210	**78**	1401	**64**	947	**84**	1222
59	1219	**79**	1411	**65**	960	**85**	1235
60	1229	**80**	1420	**66**	974	**86**	1249
61	1238	**81**	1430	**67**	988	**87**	1263
62	1248	**82**	1439	**68**	1002	**88**	1277
63	1258	**83**	1449	**69**	1015	**89**	1290

Таблица 12

Определение основного обмена по возрасту и росту у мужчин (ккал)

Возраст, годы	**Рост, см**									
	152	**156**	**160**	**164**	**168**	**172**	**176**	**180**	**184**	**188**
19	648	678	708	738	768	788	808	828	848	868
21	619	669	659	679	699	719	729	759	779	799
23	605	625	645	665	685	705	725	745	765	785
25	592	612	631	652	672	692	718	732	752	772
27	578	598	618	638	658	678	698	718	763	758
29	565	585	605	625	645	665	685	705	725	745
31	551	571	591	611	631	651	671	691	711	731
33	538	558	578	598	618	638	658	678	698	718
35	524	544	564	584	604	624	644	664	684	704
37	511	531	551	571	591	611	631	651	671	691
39	497	517	537	557	577	597	617	637	657	677
41	484	504	524	544	564	584	604	624	644	664
43	470	490	510	530	550	557	590	610	630	650

Таблица 13

Определение основного обмена по возрасту и росту у женщин (ккал)

Возраст, годы	**Рост, см**									
	152	**156**	**160**	**164**	**168**	**172**	**176**	**180**	**184**	**188**
19	192	206	220	234	246	258	270	282	294	304
21	183	190	198	205	213	220	227	235	242	250
23	174	181	188	196	203	211	218	225	233	240
25	164	172	179	186	194	201	209	216	223	231
27	155	162	170	177	184	192	199	207	214	221
29	146	153	160	168	175	183	190	197	204	215
31	136	144	151	158	166	173	181	188	195	203
33	127	134	142	149	156	164	171	179	186	193
35	117	125	132	140	147	154	162	169	177	184
37	108	116	123	130	138	145	153	160	167	175
39	99	106	114	121	128	136	143	151	158	165
41	89	97	104	112	119	126	134	141	149	156
43	80	87	95	102	110	117	123	132	139	147

Сделайте выводы по результатам проведенной работы.

Расчет общего обмена человека

1. Составьте суточный хронометраж всех видов деятельности.

2. Определите общий обмен. Для этого основной обмен за 1 час умножьте на число часов сна, занятий в школе, домашних занятий и т.д. После этого с помощью табл. 14 подсчитайте энергетические затраты при каждом виде работы. Сумма всех энергетических затрат и составит общий обмен.

3. Найденные величины сведите в протокол работы (табл. 15 «Суточный расход энергии (общий обмен)»).

Таблица 14

Затраты энергии при различных видах работ

Вид работ	Увеличение к основному обмену	Вид работ	Увеличение к основному обмену
Занятие в институте	0,45	Самостоятельные умственные занятия	0,60
Спокойное сидение	0,20	Чтение вслух, разговор, писание	0,30
Ручное шитье, вязание	0,40	Работа на пишущей машинке, компьютере	0,80
Глажение белья	0,90	Работа столяра	2
Подметание пола	1,1	Спокойное стояние	0,40
Ходьба прогулочная	1,5	Ходьба быстрая	2,75
Плавание	4	Бег медленный	5
Бег быстрый	7		

Таблица 15

Суточный расчет энергии

Вид деятельности	Продолжительность, часы	Основной обмен, ккал	Увеличение к основному обмену	Общий обмен, ккал
Сон	8	8×65=520	–	520
Занятия в институте	6	6×65= 390	390×0,45=175,5	390+175,5=565,5
Занятия дома	4	4×65=260	260×0,6=156	260+156=416
Чтение книги	2	2×65=130	130×0,25=32,5	130+32,5=162,5
Плавание	2	2×65=130	130×4=520	130+520=650
Прогулка	2	2×65=130	130×1,5=195	130+195=325
Итого	**24**	**1560**	**1079**	**2639**

Лабораторная работа № 8

НОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИИ

Свет обеспечивает связь организма с внешней средой, обладает высоким биологическим и тонизирующим действием.

Одним из важнейших элементов, благоприятных для условий труда, является рациональное освещение помещений и рабочих мест.

Правильно спроектированное и выполненное освещение производственного помещения улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции, благоприятно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм на производстве.

Лучистая энергия солнца оказывает непосредственное влияние и на организм человека. Воспринимаемые глазом, видимые солнечные лучи влияют на состояние центральной нервной системы, повышая активность больших полушарий. Свет улучшает общее состояние человека, повышает жизненный тонус. Действуя рефлекторно через нервные окончания в коже (рецепторы), свет оказывает воздействие на осуществление фотохимических процессов в организме, ритм жизненного тонуса, функцию сердечно-сосудистой системы и т.д.

Свет является активным регулятором основных биологических процессов. Он постоянно влияет на такие жизненно важные функции, как обмен веществ, рост и развитие организма, повышает иммунитет человека.

Рациональное освещение производственных и вспомогательных помещений, проходов и проездов имеет большое значение для нормальной и безопасной работы промышленного предприятия. Для безопасности работы нужно не только достаточное освещение рабочих поверхностей, но и рациональное направление света, отсутствие резких теней и бликов, обычно вызывающих слепящее действие и снижающих работоспособность.

Способность глаз приспосабливаться к различной яркости света называется **адаптацией**. Частая переадаптация глаз снижает производительность труда и способствует увеличению травматизма. Адаптация устраняется, если в производственном помещении создается равномерное освещение.

Недостаточное освещение само по себе не вызывает несчастных случаев, но может способствовать их возникновению. Например, недостаточное или неправильное освещение вынуждает рабочего ближе наклоняться к обрабатываемому предмету, что увеличивает опасность повреждения лица и глаз. Недостаточная освещенность, резкие тени, наличие в поле зрения рабочего источника света большой яркости мешают различать движущиеся части станков, агрегатов и способствуют возникновению травматизма.

Способность зрения приспособляться к различной степени освещенности объясняется двумя свойствами зрения: аккомодацией и адаптацией. **Аккомодация** заключается в приспособляемости глаз различать предметы, находящиеся на разных расстояниях, что достигается изменением кривизны хрусталика глаза. Частая приспособляемость утомляет глаза, неизбежно отражается на быстроте и качестве выполняемой работы и может быть косвенной причиной травматизма.

В зависимости от источника свет производственное освещение может быть естественным, искусственным и совмещенным (ТКП45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение»).

Естественное освещение – это освещение помещений дневным светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны, как правило, иметь естественное освещение.

Искусственное освещение – это получение света от неестественных источников. В их число входит: огонь, газовые установки, электрические лампы и светильники, прожектора и прочее.

При **совмещенном освещении** недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Следует отметить, что естественное освещение имеет резкие колебания уровня освещенности, меняющегося в течение светового дня и по временам года, в зависимости от погодных условий и ряда других факторов. Непостоянство естественного света даже в течение короткого промежутка времени вызвало необходимость нормировать естественное освещение с помощью относительного показателя – **коэффициента естественной освещенности** (**КЕО**(*e*)).

КЕО – это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба $E_{вн}$ (непосредственным и после отражений от внутренних поверхностей помещения), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $E_{нар}$, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах:

$$\text{КЕО(е)} = \frac{\text{Е}_{\text{вн}}}{\text{Е}_{\text{нар}}} 100.$$

Нормированные значения КЕО (e_N) определяют по формуле:

$$e_N = e_H \cdot m,$$

где e_H – значения КЕО из табл. 18; m – коэффициент светового климата (табл. 16).

При боковом одно- и двухстороннем естественном освещении нормируется *минимально значение КЕО*; при боковом одностороннем – на расстоянии 1 м от стены в точке, наиболее удаленной от световых проемов, и на высоте 0,8 м от пола (уровень условной рабочей поверхности), при боковом двухстороннем – в точке по середине помещения.

Условная рабочая поверхность – условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

Таблица 16

Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы, ***n***	Административный район
1	Владимирская, Калужская области, Кемеровская область, Курганская, Московская, Нижегородская, Новосибирская, Омская области, Пермский край, Рязанская область, Республика Татарстан, Свердловская, Смоленская, Тульская, Тюменская области, Челябинская область
2	Белгородская, Брянская, Волгоградская, Воронежская области, Курская, Липецкая, Магаданская, Оренбургская, Орловская, Пензенская области, Самарская, Саратовская, Сахалинская, Тамбовская, Ульяновская области
3	Вологодская, Ивановская, Калининградская, Кировская, Костромская, Ленинградская, Ненецкий автономный округ, Новгородская, Псковская области, Республика Карелия, Тверская область, Ярославская область
4	Архангельская, Мурманская области
5	Астраханская, Амурская области, Краснодарский край, Приморский край, Республика Калмыкия, Ростовская область, Ставропольский край

Таблица 17

Коэффициенты светового климата в зависимости от группы административного района и ориентации световых проемов по сторонам горизонта

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата, ***m***				
		Номер группы административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах зданий	С	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	З, В	1	0,9	1,1	1,1	0,8
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1	1,1	0,8
	Ю	1	0,85	1	1,1	0,75
Примечания: С – северное; СВ – северо-восточное; СЗ – северо-западное; В – восточное; З – западное; С-Ю – север-юг; В-З – восток-запад; Ю – южное; ЮВ – юго-восточное; ЮЗ – юго-западное						

Таблица 18

Нормы проектирования освещения производственных помещений (ТКП45-2.04-153-2009)

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение			Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк			КЕО,*e*Н,%			
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
						всего	В том числе от общего					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000 4500	500 500	– –	–	–	6,0	2,0
			б	Малый Средний	Средний Темный	4000 3500	400 400	1250 1000				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500 2000	300 200	750 600				
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1500 1250	200 200	400 300				

Продолжение табл. 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000 3500	400 400	– –			–	–	4,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	200 200	500 400						
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1000 750	200 200	300 200						
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400			–	–	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200						
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	400	200	200						
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300			4	1,5	2,4	0,9
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200	200						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200						
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	–	–	200						
			а	Малый	Темный	400	200	300						
			б	Малый Средний	Средний Темный	–	–	200						

Малой точности	Свы-ше 1 до 5	V	в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	–	–	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		Тоже		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производствен-ного процесса: постоянное		VIII	а	Тоже		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б	Тоже		–	–	75	–	–	1	0,3	0,7	0,2
Периодическое при периодическом пребывании людей в помещении			в	Тоже		–	–	50	–	–	0,7	0,2	0,5	0,2
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями			г	Тоже		–	–	20	–	–	0,3	0,1	0,2	0,1

Продолжение табл. 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000 3500	400 400	– –	20 10	10 10	–	–	4,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	200 200	500 400	20 10	10 10				
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10				
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	–	–	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	400	200	200	40	15				
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4	0,9
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200	40	20				
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	–	–	200	40	20				
	Свы-ше 1		а	Малый	Темный	400	200	300	40	20				
			б	Малый Средний	Средний Темный	–	–	200	40	20				

Окончание табл. 18

Малой точности	до 5	V	в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	–	–	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		Тоже		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное		VIII	а	Тоже		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б	Тоже		–	–	75	–	–	1	0,3	0,7	0,2
Периодическое при периодическом пребывании людей в помещении			в	Тоже		–	–	50	–	–	0,7	0,2	0,5	0,2
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями			г	Тоже		–	–	20	–	–	0,3	0,1	0,2	0,1

Экспериментальная часть

Для измерения освещенности помещений используется люксметр. Принцип его действия основан на фотоэлектрическом эффекте, т.е. преобразовании световой энергии в электрическую. Люксметр состоит из фотоэлемента *5*, соединенного с милливольтметром *6*. Шкалы последнего проградуированы в люксах с пределами измерений: нижняя – от 0 до 30 лк, верхняя – от 0 до 100 лк. Увеличение пределов измерений осуществляется за счет применения насадок, которые надеваются на фотоэлемент.

Порядок выполнения работы

1. Измерение естественного освещения

1. Произвести измерение освещенности помещения на расстоянии 1, 2, 3, 4, 5 м от наружной стены здания. Измерение производится на уровне горизонтальной рабочей поверхности на высоте 0,8 м от пола. При этом фотоэлемент удерживается горизонтально. Одновременно необходимо произвести измерение освещенности вне помещения в точке под открытым небосводом (фотоэлемент выставляется в окно). Полученные данные записать в табл. 19.

Таблица 19

Результаты измерения естественного освещения

Расстояние от поверхности наружной стены L,м	1	2	3	4	5	Освещенность $E_{нар}$ вне помещения, лк
Освещенность $E_{ВН}$, лк						

2. Построить кривую светораспределения в помещении.

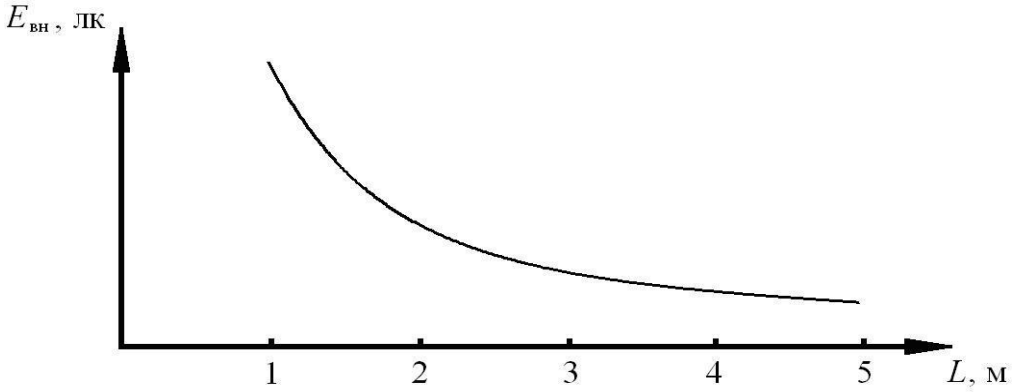


Рис. 3. Кривая светораспределения в помещении

3. Определить КЕО,%, для точки, расположенной в 5 м от окна, по формуле.

4. Определить разряд и подразряд зрительной работы. Например, при чтении или написании конспекта наименьшим объектом различения является точка, размер которой колеблется в пределах от 0,5 до 1,0 мм. Смотрим в табл. 18 столбец 2, такие размеры соответствуют разряду зрительной работы – IV (столбец 3). При этом используется белая бумага, значит фон светлый. Так как применяем темные чернила или черную типографскую краску, то контраст объекта (точки) с фоном – большой. В табл. 18 для IV разряда зрительной работы в столбцах 5 и 6 ищем слова «большой» и «светлый» на одном уровне по горизонтали. По столбцу 4 определяем подразряд зрительной работы – г. Значит разряд и подразряд зрительной работы – IVг, т.е. работы средней точности.

5. На основании полученных данных и используя табл. 18, дать оценку помещения с точки зрения пригодности его для выполнения работ определенной точности. Указать необходимость использования совмещенного освещения.

2. Измерение совмещенного освещения

1. Пункт 2 выполняется, если при выполнении пункта 1 установлена необходимость устройства совмещенного освещения для выполнения работ заданного разряда.

2. Используя данные табл. 18, найти для заданного разряда зрительной работы нормативное значение КЕО при совмещенном освещении рабочих мест и сопоставить его с фактическим, полученным при оценке естественного освещения в пункте 1. Если фактическое значение КЕО меньше нормативного при совмещенном освещении, делается вывод о непригодности помещения для выполнения работ заданного разряда точности. Если фактическое значение КЕО больше нормативного при совмещенном освещении, выполнить подпункты 3 и 4.

3. Включить искусственное освещение, создав тем самым совмещенное освещение. Произвести измерение освещенности в 5 м от окна, т.е. в расчетной точке КЕО.

4. Используя табл. 18, определить для заданного разряда и подразряда работ нормативную освещенность в люксах (по столбцу 9) и сопоставить с фактической освещенностью. Полученные данные занести в табл. 20.

Таблица 20

Результаты измерения совмещенного освещения

Фактический КЕО, %	Нормативный КЕО при совмещенном освещении, %	Вывод о возможности устройства совмещенного освещения (возможно, невозможно)	Фактическая освещенность при совмещенном освещении (в точке с наименьшей естественной освещенностью), лк	Нормативная освещенность (искусственная освещенность), лк

Сделать вывод о соответствии фактической освещенности нормативным требованиям. При необходимости дать рекомендации по улучшению освещенности в помещении (увеличение количества светильников, установление ламп большей мощности, замена перегоревших ламп и др.).

3. Измерение искусственного освещения

1. Зашторить окна, включить искусственный свет и произвести измерение освещенности на 4 рабочих местах. Записать полученные данные в табл. 21.

Таблица 21

Результаты измерения искусственного освещения

Рабочие места	1	2	3	4
Освещенность, лк				

2. Для заданного разряда и подразряда работ по табл. 18 определить минимальную освещенность и сопоставить с фактической. Сделать вывод о соответствии фактической освещенности нормативным требованиям. При необходимости дать рекомендации по улучшению освещенности в помещении.

Лабораторная работа № 9

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЫЛИ НА ОРГАНИЗМ

Производственная пыль является весьма распространенным, а при некоторых производственных процессах основным вредным фактором. К таким процессам относятся: бурение, дробление и измельчение сырья и полуфабрикатов в горнорудной, угольной, фарфорофаянсовой промышленности; снятие поверхностного слоя при точке, шлифовке в машиностроительной промышленности; перемешивание, расфасовка и упаковка сыпучих веществ в химической, пищевой промышленности, промышленности стройматериалов и т.д. Такую пыль принято называть аэрозолем измельчения или дезинтеграции. Кроме того, при плавке, сварке, плазменном напылении металлов и обработке некоторых неметаллов, например, соединений бария и кремния, в воздух могут поступать пары этих веществ, которые в дальнейшем вследствие конденсации образуют в нем высокодисперсные частицы твердого вещества («дымы», или аэрозоли конденсации).

По происхождению пыль разделяют на органическую, неорганическую и смешанную. Органическая пыль может быть естественной, животного или растительного происхождения (древесная, хлопковая, льняная, костяная, шерстяная и др.) и искусственной – пыль пластмасс, резины, смол, красителей и других синтетических веществ. Неорганическая пыль может быть минеральной (кварцевая, силикатная, асбестовая, цементная, наждачная, фарфоровая и др.) и металлической (цинковая, железная, медная, свинцовая, марганцевая). В условиях производства особенно распространена пыль смешанного состава, состоящая из минеральных и металлических частиц (например, смесь пыли железа и кремния), органическая и неорганическая (пыль злаков и почвы).

Важным свойством пыли является ее дисперсность. В зависимости от размера частиц (дисперсности) различают видимую пыль размером более 10 мкм (быстро выпадающую из воздуха) микроскопическую – размером от 0,25 до 10

мкм (медленно выпадающую из воздуха), ультрамикроскопическую – менее 0,25 мкм (длительно витающую в воздухе по законам броуновского движения). Производственная пыль, как правило, полидисперсна, т.е. в воздухе встречаются одновременно пылевые частицы различных размеров. В любом образце пыли обычно число мелких частиц больше, чем крупных. В большинстве случаев до 60–80% частиц пыли имеют диаметр до 2 мкм, 10–20% – от 2 до 5 мкм и до 10% – свыше 10 мкм. От степени дисперсности пылевых частиц зависят как стойкость пылевого аэрозоля в воздухе производственного помещения, так и степень задержки частиц пыли в дыхательных путях (табл. 22). Выраженной фиброгенной активностью обладают аэрозоли дезинтеграции с частицами менее 5 мкм и аэрозоли конденсации с частицами менее 0,3–0,4 мкм, так как они обладают глубокой проникающей способностью и задерживаются непосредственно в альвеолах. Более крупные частицы задерживаются в верхних дыхательных путях и выводятся с мокротой.

Таблица 22

Задержка пылевых частиц каолина в зависимости от их размеров, % от общего числа пыли, задержанной в организме

Диаметр частиц, мкм	Общая задержка	Задержка в верхних дыхательных путях	Отложения в альвеолах
0,3	47,8	9,2	34,5
0,9	63,5	16,5	30,5
1,6	71,7	46,5	25,9
5,0	92,3	82,7	9,8

Характер воздействия пыли на организм многообразен и зависит от ряда ее свойств, прежде всего, химического состава. Пылевые частицы ряда химических веществ обладают выраженной токсичностью и при попадании в организм могут вызывать отравления. К таким видам пыли относится пыль бериллия, ванадия, окиси кадмия, свинца, тория и др.

Пыль, не обладающая выраженной токсичностью, может приводить к развитию хронических неспецифических заболеваний легких, выражающихся в продуктивной реакции с развитием соединительной ткани – пневмокониозов (силикоз, антракоз и т.д.). При этом лёгочная ткань замещается соединительной тканью, а значит, не способна осуществлять функцию газообмена. Аэрозоли, вызывающие фиброз лёгочной ткани называют аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД). При длительном воздействии пыли также характерно развитие бронхитов, трахеитов, пневмоний, конъюнктивитов пылевой этиологии. Пыль способна вызывать не только раздражение и воспаление слизистых оболочек, но, в тяжелых случаях, может приводить к их перфорации.

Некоторые виды пыли вызывают в легких и других органах гранулематозный процесс (бериллий), другие способны вызывать аллергические заболевания (меховая, растительная пыль).

Борьба с пылью на производстве и профилактика заболеваний, развивающихся от воздействия аэрозолей, осуществляется комплексом санитарно-гигиенических, технологических, организационных и медико-биологических мероприятий.

Основой проведения мероприятий по борьбе с пылью является гигиеническое нормирование содержания аэрозолей в воздухе рабочей зоны. Так, например, для аэрозолей, способных вызвать выраженный пневмокониоз, предельно допустимая концентрация (ПДК) не превышает 1–2 мг/м^3; для аэрозолей, оказывающих фиброгенное действие средней выраженности – 4–6 мг/м^3, для аэрозолей с незначительной фиброгенностью – 8–10 мг/м^3. Уровень допустимого содержания пыли с выраженным токсическим действием для большинства веществ значительно меньше 1 мг/м^3.

В борьбе с образованием и распространением пыли наиболее эффективны технологические мероприятия. К ним относятся:

– внедрение непрерывной технологии производства, при которой отсутствуют ручные операции;

– автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением пыли;

– рационализация технологического процесса, обработка пылящих материалов во влажном состоянии, например, внедрение мокрого бурения в горнорудной и угольной промышленности (бурение с промывкой канала водой);

– дистанционное управление;

– устройство местных вентиляционных отсосов, вытяжной или приточно-вытяжной вентиляции. Удаление пыли происходит непосредственно от мест пылеобразования. Перед выбросом в атмосферу запыленный воздух очищается с помощью пылеуловителей различной конструкции.

Например, частыми видами работ, при которых наблюдается интенсивное загрязнение воздуха пылью, являются транспортировка, погрузка, разгрузка и затаривание сухих, пылящих материалов. Улучшение условий труда при этих процессах достигается переходом на закрытые способы транспортировки и механизацию отдельных операций. Пневмотранспорт, т.е. перемещение материалов по трубам с помощью сжатого воздуха, герметичность оборудования для погрузочно-разгрузочных операций, современные машинные методы расфасовки и упаковки готовой продукции – все это широко применяется во многих производствах и дает хороший гигиенический эффект.

Для горных рабочих установлены: сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск, выход на пенсию по возрасту в 50 лет. Используется защита временем при работе в условиях повышенной запыленности. В соответствии с российским трудовым законодательством на работы в подземных условиях не допускаются лица моложе 20 лет, так как пневмокониозы в молодом возрасте развиваются раньше и протекают тяжелее. Обязательным является проведение предварительных при поступлении на работу и периодических медицинских осмотров. Противопоказаниями к приему на работу, связанную с воздействием пыли, являются все формы туберкулеза, хронические заболевания органов дыхания, сердечнососудистой системы, глаз, кожи.

Средства индивидуальной защиты – респираторы, специальные шлемы и скафандры с подачей в них чистого воздуха применяются в тех случаях, когда не удается снизить запыленность воздуха в рабочей зоне до допустимых пределов более радикальными технологическими мероприятиями. К индивидуальным средствам защиты от пыли относятся также защитные очки, специальная противопылевая одежда, защитные пасты и мази.

Для санитарной оценки воздушной среды на производстве определяют содержание пыли в воздухе, степень ее дисперсности, морфологию пылевых частиц и их химический состав. Последний анализ на функционирующих производствах можно не проводить, так как химический состав пыли определенного производства обычно известен. Содержание пыли в воздухе регламентируют в зависимости от ее химического состава. Санитарными правилами предусматриваются допустимые уровни более чем для 130 видов различных производственных аэрозолей. Они установлены для аэрозолей, обладающих токсичностью, в зависимости от ее степени, а для нетоксичных аэрозолей – в зависимости от содержания свободной SiO_2 (табл. 22). Все вещества разделяют на классы опасности следующим образом: 1 класс – чрезвычайно опасные; 2 класс – высокоопасные; 3 класс – умеренно опасные; 4 класс – малоопасные.

Содержание пыли в воздухе определяется по ее массовому количеству в единице объема и выражается в миллиграммах, деленных на метры кубические (весовой метод), и по числу пылинок в 1 $см^3$ воздуха (счетный метод). Весовой метод основан на задержке пыли из известного объема воздуха на фильтре с предварительным и последующим взвешиванием фильтра на аналитических весах.

Таблица 23

Предельно допустимые концентрации АПФД

Вещество	ПДК мг/м^3	Класс опасности
Кремния двуокись кристаллическая:		
при содержании в пыли свыше 70%	1	3
содержании в пыли от 10 до 70%	2	4
содержании в пыли от 2 до 10%	4	4
Кремния двуокись аморфная в виде аэрозоля конденсации:		
при содержании в пыли свыше 60%	1	3
содержании в пыли от 10 до 60%	2	4
Асбест,	2	4
асбестоцемент, цемент, апатит, глина	6	4
стеклянное волокно	4	4
Алмаз металлизированный	4	4
каменный уголь с содержанием SiO_2 до 5%	10	4
алюминий и его сплавы (в пересчете на Al)	2	4
алюминия оксид в виде аэрозоля дезинтеграции (глинозем, электрокорунд)	6	4
чугун	6	4
мучная, хлопчатобумажная, древесная и др. хлопчато-бумажная, хлопковая, льняная, шерстяная, пуховая и др.	6	4
с примесью SiO_2 более 10%	2	4
с примесью диоксида кремния от 2 до 10%	4	4

В качестве фильтрующего материала используют специальные ткани или вату (стеклянную или хлопчатобумажную), закладываемые в трубки (аллонжи), которые могут быть стеклянными, пластмассовыми или металлическими.

Время аспирации воздуха при определении его запыленности определяют опытным путем, исходя из уровня запыленности. При большой запыленности это достигается аспирацией 120–200 л воздуха при скорости 10 л/мин. При незначительном содержании пыли протягивают значительно больший объем (до 0,5 $м^3$). Запыленность воздуха вычисляют следующим образом: из массы фильтра после взятия пробы (Q) вычитают первоначальную массу (Q_0) и определяют прибавку (ΔQ, мл). Объем протянутого при аспирации воздуха (V_0, л) приводится к нормальным условиям (t = 20º C, p = 760 мм рт.ст.)

После взвешивания с целью определения дисперсного состава пыли в воздухе фильтр помешают на предметное стекло и просветляют в парах ацетона. Для этого предметное стекло подносят к горловине колбы с ацетоном, подогреваемой на водяной бане. Ткань фильтра быстро просветляется и тонким прозрачным слоем плотно пристает к стеклу, фиксируя на нем пылевые частицы. Предметное стекло с просветленным фильтром помещают на столик микроскопа. Предварительно определяют цену деления окулярного микрометра, вставленного в окуляр микроскопа. После этого устанавливают изучаемый препарат. Перемещая препарат в разных направлениях, подсчитывают не менее 100 пылевых частиц, определяя их размеры при помощи окулярного микрометра и занося значения в таблицу. Одновременно описывают морфологию пылевых частиц, отмечая их конфигурацию, характер краев и т.д. Это позволяет судить о составе пыли (минеральная, растительная и др.) и особенностях ее воздействия на организм.

Гигиеническая оценка условий труда при воздействии ПФД

Класс условий труда и степень вредности при профессиональном контакте с АПФД определяют, исходя из фактических величин среднесменных концентраций аэрозолей и кратности превышения среднесменных ПДК (табл. 24).

Таблица 24

Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны АПФД

Показатели	Классы условий труда				
	Допустимый	Вредный (превышение ПДК (КПН), раз)			
	2	3.1	3.2	3.3	3.4
Концентрация пыли	≤ ПДК	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	> 10,0
Пылевая нагрузка (ПН)*	≤ КПН	1,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	> 10,0
ПН для пылей с выраженным фиброгенным действием (ПДК≤1мг/м^3), а также для асбестсодержащих	≤ КПН	1,1–1,5	1,6–3,0	3,1–5,0	>5,0

*За исключением пылей, обладающих фиброгенным действием и имеющих ПДК 1 мг/м^3 и менее, а также для асбестсодержащих пылей.

Дополнительным показателем оценки степени воздействия АПФД на органы дыхания работающих, является пылевая нагрузка за весь период реального или предполагаемого контакта с фактором. В случае превышения среднесменной ПДК фиброгенной пыли расчет пылевой нагрузки обязателен.

Пылевая нагрузка (ПН) на органы дыхания работающего – это реальная или прогностическая величина суммарной экспозиционной дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период фактического или предполагаемого профессионального контакта с фактором. Пылевая нагрузка на органы дыхания работающего рассчитывается, исходя из фактических среднесменных концентраций АПФД в воздухе рабочей зоны, объема легочной вентиляции (зависящего от тяжести труда) и продолжительности контакта с пылью:

$$ПН = C_{сс} \cdot N \cdot T \cdot Q, \text{ мг},$$

где $C_{сс}$ – фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работающего, мг/м^3; N – число рабочих смен в календарном году (248 рабочих дней); T – количество лет контакта с АПФД; Q – объем легочной вентиляции за смену, м^3.

Пылевую нагрузку можно рассчитать за любой период работы в контакте с пылью для получения фактической или прогностической величины.

Рекомендуется использование следующих усредненных величин объемов легочной вентиляции, которые зависят от уровня энергозатрат и, соответственно, категории работ по тяжести (согласно СанПиН 2.2.4.548-96): для работ категории Iа, Iб – 4 $м^3$; IIа, IIб – 7 $м^3$; III – 10 $м^3$.

Полученные значение фактической ПН сравнивают с величиной контрольной пылевой нагрузки, значение которой рассчитывается в зависимости от фактического или предполагаемого стажа работы, ПДК пыли и категории тяжести работ.

Контрольный уровень пылевой нагрузки (КПН) – это пылевая нагрузка, сформировавшаяся при условии соблюдения среднесменной ПДК пыли в течение всего периода профессионального контакта с фактором:

$$КПН = ПДК \cdot N \cdot T \cdot Q, \text{ мг.}$$

При соответствии фактической ПН контрольному уровню условия труда относят к допустимому классу. Кратность превышения контрольных пылевых нагрузок указывает на класс вредности условий труда по данному фактору (табл. 24). При превышении контрольных пылевых нагрузок рекомендуется использовать принцип «защиты временем».

Для оценки возможности продолжения работы в конкретных условиях труда, расчета допустимого стажа работы в этих условиях (для вновь принимаемых на работу) необходимо сопоставление фактических и контрольных уровней пылевой нагрузки.

В том случае, когда фактические ПН не превышают КПН, подтверждается возможность работать в тех же условиях.

При превышении КПН необходимо рассчитать стаж работы ($Т_{доп}$), при котором ПН не будет превышать КПН. При этом КПН рекомендуется определять за средний рабочий стаж, равный 25 годам. В тех случаях, когда продолжительность работы более 25 лет, расчет следует производить, исходя из реального стажа.

$$Т_{доп} = \frac{КПН_{25}}{С_{сс} \cdot N \cdot Q},$$

где $Т_{доп}$ – допустимый стаж работы, лет; $КПН_{25}$ – контрольная ПН за 25 лет работы в условиях соблюдения ПДК, мг; $С_{сс}$ – фактическая среднесменная концентрация пыли, мг/м^3; N – количество смен в календарном году; Q – объем легочной вентиляции за смену, м^3.

$$КПН_{25} = ПДК \cdot N \cdot Т_{25} \cdot Q, \text{ мг},$$

где ПДК – среднесменная ПДК пыли, мг/м^3; $Т_{25}$ – средний рабочий стаж, 25 лет.

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Согласно своему варианту рассчитать пылевую нагрузку (ПН), контрольную пылевую нагрузку (КПН) за этот период, контрольную пылевую нагрузку за период 25-летнего контакта с фактором ($КПН_{25}$), допустимый стаж работы в таких условиях.
3. Определить класс условий труда на рабочем месте.

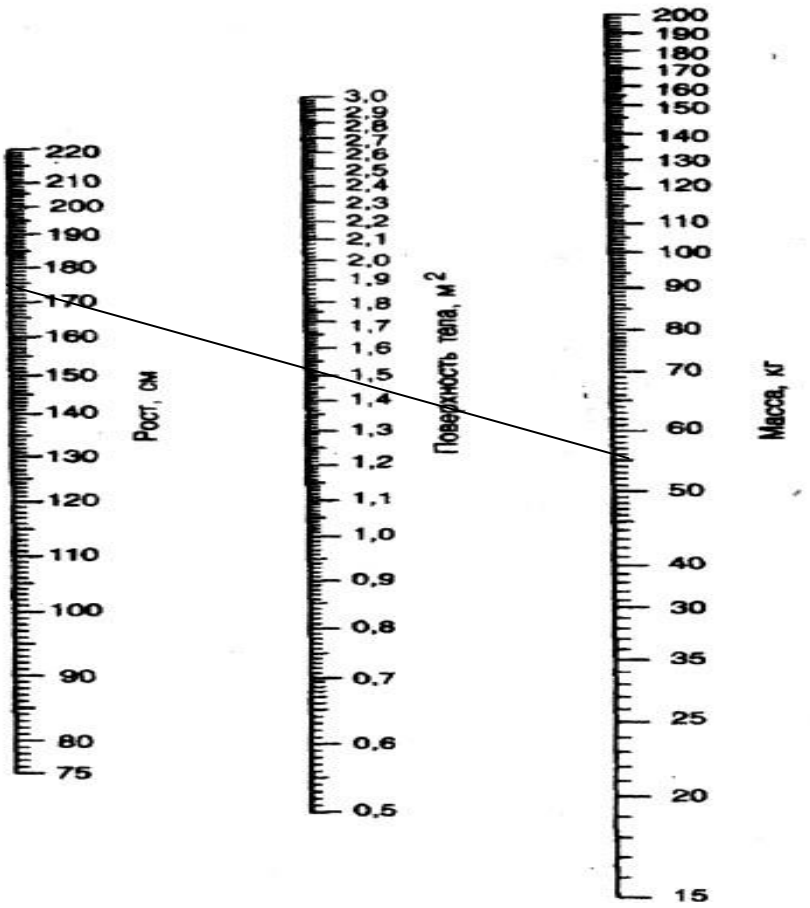
Таблица 25

Условия задачи по вариантам

№ вар.	Вещество	% вещ-ва в пыли	Концен-трация (Ссс)	Контакт с пылью, лет	Категория работ
1	Цемент	–	14,5	5	III
2	Глинозем	–	20	8	II
3	SiO_2 кристаллизованная	50	8	4	II
4	Каменный уголь	4	36	9	II
5	Стекловолокно	–	16	12	II
6	Шерсть	16	5	7	III
7	Мука	–	8	5	III
8	Чугун	–	7	8	III
9	SiO_2 в виде аэрозоля	67	2,5	4	II
10	Апатит	–	10	9	III

Приложение А

Номограмма определения поверхности тела ($м^2$) по росту и массе



Соединить линейкой соответствующие показатели левой (рост) и правой (масса) шкал. Пересечение со средней шкалой соответствует поверхности тела.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Гармаза А.К. Охрана труда: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по специальностям лесного профиля / А.К. Гармаза, И.Т. Ермак, Б.Р. Ладик. – Минск: БГТУ, 2010. – 366 с.
2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны с изменениями.
3. ГН 2.2.5.1313-03. Гигиенический норматив «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». Введ.15.04.03 // Гигиенические нормативы. – М., 2003.
4. Лабораторные работы по вниманию: метод. указания / Н.В. Пережигина; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль, 2000. – 36 с.
5. Лунева Е.В. Возрастная физиология: учебно-методическое пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. университета, 2012. – 140 с.
6. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Физиология человека» / Е.А. Нургалеева, Н.Н. Красногорская, Д.А. Еникеев. – Уфа, 2002. – 41 с.
7. Определение параметров микроклиматических условий в производственных помещениях: метод. указания / Н.Е. Беспалько. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 20 с.
8. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов производственной среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: – Введ. 01.11.05. – М., 2005.
9. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: Санитарные правила и нормы. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
10. Свод правил СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 7 ноября 2016 г. № 777/пр).
11. Физиология дыхательной системы: методические указания к лабораторной работе по курсу «Физиология человека» / О.Е. Фалова. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 24 с.

Антонова И.И.

Учебно-методическое пособие
к выполнению лабораторных работ
по дисциплине
«Медико-биологические основы безопасности»
для студентов направления подготовки 20.03.01
«Техносферная безопасность»