

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

И. Ж. Титаренко

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

Учебно-методическое пособие по лабораторным занятиям
для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

Калининград
2023

УДК 658.382.3

Рецензент

кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Калининградский
государственный технический университет» Н. А. Евдокимова

Титаренко, И. Ж. Производственная санитария и гигиена труда: учеб.-методич. пособие по лабораторным занятиям для студ. бакалавриата по напр. подгот. 20.03.01 Техносферная безопасность / **И. Ж. Титаренко.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 112 с.

В учебно-методическом пособии содержатся указания по выполнению лабораторных работ по разделам дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда», включающие цель проведения, материальное обеспечение, методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, требования к содержанию отчетов, вопросы для самоконтроля, рекомендуемая литература.

Рис. – 9, табл. 30, список лит. – 13 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по лабораторным занятиям. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «09» января 2023 г., протокол № 9

УДК 658.382.3

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
образования «Калининградский
государственный технический
университет», 2023 г.

© Титаренко И. Ж., 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Лабораторная работа 1: Исследование микроклимата в производственных помещениях.....	7
Лабораторная работа 2: Оценка эффективности поглощающих завес при инфракрасных излучениях.....	22
Лабораторная работа 3: Защита от теплового излучения.....	37
Лабораторная работа 4: Исследование освещенности рабочих мест.....	48
Лабораторная работа 5: Исследование производственного шума и звукоизолирующей способности некоторых конструкций.....	65
Лабораторная работа 6: Испытание вытяжной вентиляционной установки.....	82
Лабораторная работа 7: Защита от сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения.....	97
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	111

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» является формирование у студентов необходимых знаний и навыков по обеспечению благоприятных условий труда на производстве.

Целью освоения дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» является формирование у студентов необходимых знаний и навыков по обеспечению благоприятных условий труда на производстве.

Задачи дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда»: освоение практических методов санитарно-гигиенических исследований по характеристике параметров факторов производственной среды; формирование навыков для правильной оценки результатов исследований, применения их в практической работе; получение теоретических сведений о гигиене труда, неблагоприятных факторах в условиях труда, характере труда, их влиянии на организм человека и мерах по сохранению здоровья работников и повышению их работоспособности.

Целью практикума является освоение практических методов санитарно-гигиенических исследований по характеристике параметров факторов производственной среды.

Задачами практикума являются:

- изучение понятийного аппарата производственной санитарии и гигиены труда;
- изучение методов санитарно-гигиенических исследований;
- освоение навыков пользования приборами контроля факторов производственной среды, определения нормативных значений факторов производственной среды, определения классов вредности и опасности условий труда

В результате освоения заданий практикума студент должен

знать:

- основные категории и понятия в области гигиены труда;
- гигиенические требования к устройству и содержанию промышленных предприятий, оборудования, санитарно-технических устройств;
- характеристику вредных и опасных факторов производственной среды, их биологическое действие, принципы гигиенического нормирования факторов производственной среды и трудового процесса;
- этиологию и общие клинические проявления профессиональных заболеваний;
- основные меры профилактики профессиональных заболеваний и научные основы организации труда;

- правила производственной санитарии и гигиены на производстве;
- порядок учета, регистрации и расследования профессиональных заболеваний и отравлений;
- методику анализа общей и профессиональной заболеваемости на производстве;

уметь:

- выявлять факторы риска профессиональных заболеваний, отравлений, травм и несчастных случаев на производстве;
- организовать проведение медицинских осмотров на предприятиях;
- проводить изучение факторов производственной среды, оценивать полученные результаты;
- проводить анализ общей и профессиональной заболеваемости на производстве;
- проводить расследование случаев острых и хронических профессиональных отравлений и заболеваний;
- разрабатывать предложения по улучшению условий труда и профилактике профессиональных заболеваний;
- пользоваться законодательной и нормативно-методической документацией;

владеть:

- понятийно-терминологическим аппаратом в области гигиены труда;
- законодательными актами и нормативно-технической базой;
- навыками пользования приборами контроля факторов производственной среды, определения нормативных значений факторов производственной среды, определения классов вредности и опасности условий труда, тяжести и напряженности трудового процесса;
- оценки производственного оборудования и рабочих мест, гигиенической оценки средств и систем индивидуальной и коллективной защиты на производстве.

Учебно-методическое пособие состоит из:

введения, где указаны: дисциплина учебного плана, для изучения которой оно предназначено; цели и задачи дисциплины; цели и задачи практикума; требования к знаниям, умениям и навыкам, которыми должен овладеть студент после выполнения заданий практикума;

основной части, которая содержит тему и цель каждого лабораторного занятия, план проведения занятия, используемое оборудование и материалы, алгоритм проведения опыта (эксперимента), алгоритм обработки опытных (экспериментальных) данных, сравнительный анализ результатов опыта (экспе-

римента), выводы, требования к технике безопасности при выполнении работы, форму отчета по лабораторному занятию, а также вопросы для самоконтроля, рекомендуемую литературу.

Лабораторная работа 1

Тема: Исследование микроклимата в производственных помещениях

Цель: изучить измерительную технику и методику исследования состояния микроклиматических условий в рабочей зоне производственных помещений, особенности нормирования показателей, характеризующих микроклимат производственных помещений.

Используемое оборудование и материалы:

анемометр ручной чашечный МС-13, анемометр ручной крыльчатый АСО-3, психрометр аспирационный МВ-4М, термометр шаровый, психрометр бытовой ПБУ-1М, биметаллический термограф М-16АС, гигрограф метеорологический М-21АН, барограф М-22АН, барометр-анероид БАММ-1, термометры, кататермометр, секундомер, лабораторная установка с вмонтированными вентилятором и набором приборов.

1. Теоретическая часть

Состояние микроклиматических условий (микроклимата) в производственных помещениях характеризуется пятью основными показателями: относительной влажностью, температурой и скоростью движения воздуха, температурой поверхности, интенсивностью теплового облучения. При некоторых значениях этих показателей человек может испытывать неприятные ощущения, повышается вероятность различных заболеваний, связанных с перегревом или переохлаждением организма, снижается производительность труда. В связи с этим возникла необходимость в нормировании показателей микроклимата на рабочих местах в производственных помещениях. Рабочее место – это участок помещения, на котором в течение рабочей смены или части ее осуществляется трудовая деятельность.

Нормирование микроклиматических условий в производственных помещениях осуществляется по [3]. Этими документами установлены количественные значения показателей микроклимата. Под оптимальными условиями понимаются такие сочетания показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции. Допустимые микроклиматические условия – сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызывать преходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

Из изложенного следует, что при проектировании условий труда нужно стремиться к созданию в производственных помещениях оптимальных микроклиматических условий. Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются тогда, когда по технологическим требованиям или по техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в зависимости от:

1) периода года; холодный период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха 10°C и ниже, теплый - выше 10°C ;

2) категории работ по уровню энергозатрат организма. Установлены категории Ia, Ib, IIa, IIб и III.

При определении категории работ по уровню энергозатрат руководствуются следующими положениями:

1) К категории I а относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), проводимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т. п.).

2) К категории I б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч (140 – 174 Вт), проводимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т. п.).

3) К категории II а относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151-200 ккал/ч (175 – 232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.).

4) К категории II б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201 – 250 ккал/ч (233 – 290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

5) К категории III относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ков-

кой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т. п.).

Оптимальные и допустимые величины показаний микроклимата приведены в табл.1.1 и 1.2.

Таблица 1.1

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха не более, м/с
		диапазон	диапазон			
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140-174)	21 - 23	20 - 24	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175-232)	19 - 21	18 - 22	18 - 22	60- 40	0,2
	IIб (233-290)	17 - 19	16 - 20	16 - 20	60 -40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	15 - 19	60 - 40	0,3
Тёплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 25	22 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140-174)	22 - 24	21 - 25	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175-232)	20 - 22	19 - 23	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233-290)	19 - 21	18 - 22	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	17 - 21	60 - 40	0,3

Таблица 1.2

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
	IIa (175-232)	17,0-18,9	22,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0	15-75	0,2	0,4

1	2	3	4	5	6	7	8
Тёп- лый	Ia (139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2
	Iб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3
	IIa (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4
	IIб (233-290)	16,0-18,9	21,0-27,0	15,0-28,0	15-75	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0-17,9	20,1-26,0	14,0-27,0	15-75	0,2	0,5

Интенсивность теплового облучения работающих от источников, нагретых до темного свечения, не должна превышать 35 Вт/м^2 при облучении 50 % поверхности тела и более, 70 Вт/м^2 - при величине облучаемой поверхности тела от 25 до 50 % и 100 Вт/м^2 - при облучении не более 25 % поверхности тела. Интенсивность теплового облучения от источников, нагретых до белого и красного свечения, не должна превышать 140 Вт/м^2 , при этом облучаться должно не более 25 % поверхности тела; обязательно должны использоваться средства индивидуальной защиты, в том числе средства защиты лица и глаз.

Для контроля тепловых (инфракрасных) излучений используют актинометры, радиометр «Аргус-03» (диапазон измерений от 1 до 2000 Вт/м^2), измеритель плотности тепловых потоков ИПП-2М.

Если в производственных помещениях допустимые нормативные величины показателей микроклимата не могут быть обеспечены (например, в связи с особыми технологическим требованиями к производству), то условия микроклимата нужно рассматривать как вредные и опасные и должны применяться защитные мероприятия – воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного показателя микроклимата изменением другого, СИЗ, устройство помещений для отдыха и обогрева, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска и др. Если на рабочих местах скорость движения воздуха не превышает $0,6 \text{ м/с}$, а интенсивность теплового облучения – 1200 Вт/м^2 , то для оценки состояния микроклимата рекомендуется использовать интегральный показатель тепловой нагрузки среды - индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс). ТНС-индекс рассчитывается по формуле

$$\text{ТНС} = 0,7 t_{\text{вл.}} + 0,3 t_{\text{ш.}}, \quad (1.1)$$

где $t_{\text{вл.}}$ - температура на смоченном (влажном) термометре аспирационного психрометра; $t_{\text{ш.}}$ - температура внутри зачерненного шара. Она измеряется термометром, резервуар которого помещен в центр зачерненного полого шара диаметром 90 мм, и отражает влияние температур воздуха, поверхностей и скорости движения воздуха.

ТНС-индекс характеризует сочетанное действие на организм человека температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения.

Рекомендуемые значения ТНС-индекса приведены в табл. 1.3. Метод измерения ТНС-индекса аналогичен методу измерения температуры воздуха – см. ниже.

Таблица 1.3

Рекомендуемые величины ТНС-индекса

Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Величины ТНС-индекса, °С
Ia (до 139)	22,2 -26,4
Iб (140-174)	21,5 - 25,8
IIa (175-232)	20,5 - 25,1
IIб (233-290)	19,5 - 23,5
III (более 290)	18,0 - 21,8

Порядок измерений показателей микроклимата. Измерения показателей микроклимата в целях контроля их соответствия гигиеническим требованиям должны проводиться в холодный период года – в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней температуры наиболее холодного месяца зимы не более чем на 5 °С, а в теплый период года – в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней максимальной температуры наиболее жаркого месяца не более чем на 5 °С. Частота измерений в оба периода года определяется стабильностью производственного процесса, функционированием технологического и санитарно-технического оборудования.

При выборе участков и времени измерения необходимо учитывать все факторы, влияющие на микроклимат рабочих мест (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления и др.). Измерения показателей микроклимата следует проводить не менее 3 раз в смену (в начале, середине и в конце). При колебаниях показателей микроклимата, связанных с технологическими и другими причинами, необходимо проводить дополнительные измерения при наибольших и наименьших величинах термических нагрузок на работающих.

Измерения следует проводить на рабочих местах. Если рабочим местом являются несколько участков производственного помещения, то измерения осуществляются на каждом из них.

В помещениях с большой плотностью рабочих мест при отсутствии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыведения участки измерения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха должны распределяться равномерно по площади помещения в соответствии со следующими рекомендациями: если площадь помещения до 100 м², то количество участков измерения должно быть 4, от 100 до 400 м² – 8, свыше 400 м² - количество участков определяется так, чтобы расстояние между ними не превышало 10 м.

При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,5 м.

При наличии источников лучистого тепла тепловое облучение на рабочем месте необходимо измерять от каждого источника, располагая приемник прибора перпендикулярно падающему потоку. Измерения следует проводить на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м от пола или рабочей площадки.

Температуру поверхностей необходимо измерять в случаях, когда рабочие места удалены от них на расстояние не более двух метров. Температура каждой поверхности измеряется аналогично измерению температуры воздуха.

Температуру и относительную влажность воздуха при наличии источников теплового излучения и воздушных потоков на рабочем месте следует измерять аспирационными психрометрами. При отсутствии в местах измерения лучистого тепла и воздушных потоков температуру и относительную влажность воздуха можно измерять психрометрами, например, ПБУ-1М, не защищенными от воздействия теплового излучения и скорости движения воздуха. Могут использоваться также приборы, позволяющие отдельно измерять температуру и влажность воздуха.

Скорость движения воздуха следует измерять анемометрами вращательного действия (крыльчатые, чашечные и др.). Малые величины скорости движения воздуха (менее 0,5 м/с), особенно при наличии разнонаправленных потоков, можно измерять термоэлектроанемометрами, а также цилиндрическими и шаровыми кататермометрами при защищенности их от теплового излучения.

Температуру поверхностей следует измерять контактными приборами (типа электротермометров) или дистанционными (пирометры и др.), интенсивность теплового облучения – приборами, обеспечивающими угол видимости датчика, близкий к полусфере (не менее 160°), и чувствительными в инфракрасной и видимой области спектра (актинометры, радиометры и т.д.).

По результатам измерений составляют протокол по специальной форме, в котором отражают сведения о производственном объекте, размещении оборудования, источниках тепловыделения, охлаждения и влаговыведения, приводят схему участков измерения и другие данные.

Измерение скорости движения воздуха. При замерах скорости движения воздуха нужно помнить, что по ряду причин направление воздушных потоков в производственном помещении может резко меняться. Иногда они имеют вихревой характер. В связи с этим очень важно перед измерениями скорости движения воздуха установить его направление.

О направлении движения воздуха можно судить по отклонению тонких полосок бумаги (лучше папиросной), дыма от обычной папиросы. Иногда для этой цели используют и специальные устройства.

Следующим шагом является выбор прибора для измерения скорости движения воздуха. При наличии однонаправленного движения воздуха используются анемометры вращательного действия. В частности, при скорости в пределах 0,5...5 м/с используются крыльчатые анемометры, имеющие порог чувствительности 0,2 м/с. При скоростях от 1 до 20 м/с применяют чашечные анемометры, имеющие порог чувствительности 0,8 м/с. Для измерения малых скоростей (до 0,5 м/с) используют дифференциальные микроанемометры, кататермометры, электроанемометры, термоэлектроанемометры. В настоящее время промышленностью России выпускается электронный анемометр АПР-2, позволяющий измерять скорость воздушного потока в пределах 0,2...20 м/с. Выпускается также термоанемометр типа TESTO 425 (Германия), позволяющий измерять скорость движения воздуха в диапазоне (0-20) м/с и температуру от минус 20 до 70 °С.

Анемометры чашечный и крыльчатый используются следующим образом:

1. Записываются показания всех шкал – тысяч, сотен и единиц – см.рис.1.1.

2. Анемометр устанавливают в вертикальном положении в измеряемом воздушном потоке (в лабораторной установке анемометры установлены стационарно, поэтому п.2 выполнять не нужно).

3. Через 10...15 с, требующихся для установления постоянной скорости вращения, поворачивают арретир (пусковое устройство анемометра) против часовой стрелки и одновременно включают секундомер.

4. Через 100 с останавливают счетный механизм анемометра (поворотом арретира по часовой стрелке) и одновременно включают секундомер. Записывают показания всех трех шкал и показания секундомера (100 с). Разность между конечным и начальным отсчетами делят на время экспозиции (показания секундомера), получая таким образом число делений шкалы, приходящихся на одну секунду.

5. Искомую скорость воздушного потока (в м/с) находят для чашечного анемометра по градуировочному графику, на котором по вертикальной оси нанесено деление шкалы, и по горизонтальной – скорость воздуха (в м/с). График находится на лабораторном столе.

6. Нужно помнить, что крыльчатый анемометр не следует подвергать действию воздушных потоков со скоростью движения более 5 м/с. При использовании этого анемометра для нахождения скорости движения потока воздуха в зависимости от числа делений шкалы, приходящегося на 1 с, применяются два

градуировочных графика. Один из них используется при скорости потока до 1 м/с, а другой – при скорости от 1 до 5 м/с. На вертикальной оси обоих графиков указаны числа, соответствующие числу делений шкалы счетчика анемометра, приходящемуся на 1 с. Искомая скорость движения (в м/с) указана на горизонтальных осях. Оба графика находятся на лабораторном столе.

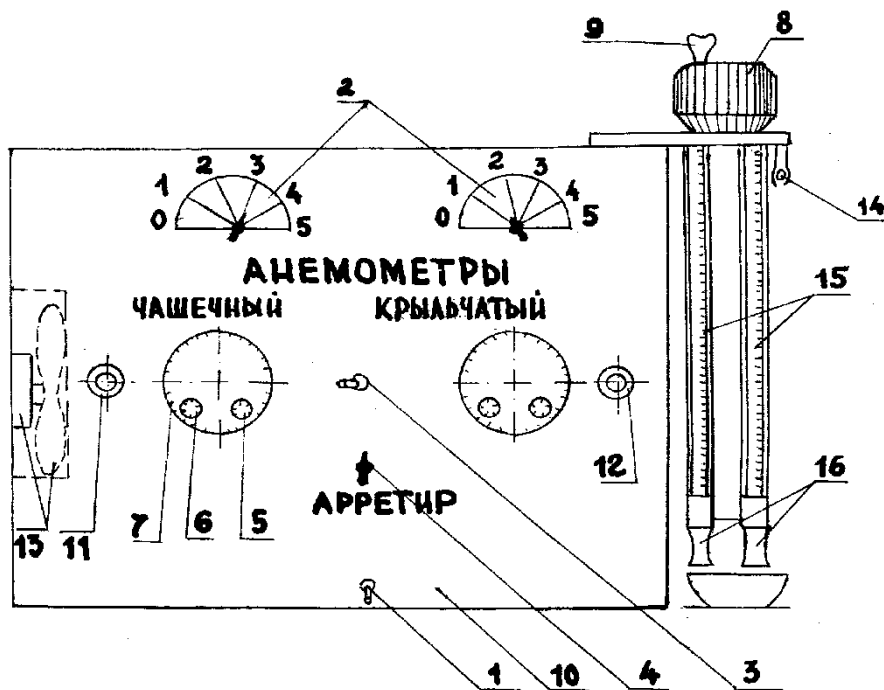


Рис. 1.1. Лабораторная установка для исследования параметров микроклимата:

1- тумблер «СЕТЬ» для подачи питания; 2 – переключатели для регулировки подачи воздуха на анемометры; 3 – тумблер для включения электродвигателя вентилятора; 4 – переключатель для управления арретирами анемометров; 5 – шкала тысяч анемометра; 6 – шкала сотен анемометра; 7 – шкала десятков и единиц анемометра; 8 – головка психрометра; 9 – ключ для заводки пружинного механизма психрометра; 10 – корпус установки; 11, 12 – сигнальные лампы; 13 – электродвигатель с вентилятором; 14 – пипетка для смачивания резервуара психрометра; 15 – термометры психрометра; 16 – металлические гильзы

Измерение температуры воздуха. Как правило, измерения температуры воздуха в производственных помещениях сочетаются с определением его относительной влажности. В этом случае замеры температуры удобно производить по сухому термометру аспирационного (МВ-4М) или бытового психрометра (ПБУ-1М).

При необходимости установления пределов колебаний температуры воздуха в течение рабочего дня, суток, недели применяют самопишущие приборы – термографы, например, термограф биметаллический М-16 АС, закрепленный над лабораторным столом.

Для измерения температуры воздуха в условиях теплового излучения пользуются аспирационным психрометром типа МВ-4М, при отсутствии ис-

точников лучистого тепла температуру и относительную влажность воздуха можно измерять психрометрами типа ПБУ-1М. Современными приборами для измерения температуры воздуха являются портативные цифровые измерители температуры ИТ-5 (диапазон измерений от минус 50 до 150 °С), ИТ-6 (от минус 20 до 450 °С), измеритель температуры и влажности микропроцессорный ИВТМ-7-МК (диапазон измерений по температуре от минус 20 до 60 °С, по относительной влажности – от 0,5 до 99 %), цифровые термогигрометры ИВА-6А, ТКА-ТВ и др.

Определение влажности воздуха. Практика гигиенических исследований показывает, что влажность воздуха в производственных помещениях колеблется в незначительных пределах, поэтому ее измеряют только в рабочей зоне на основных рабочих местах. В отдельных цехах и участках, где используются хранящиеся в открытых емкостях вода или водные растворы (рыбокомбинаты, мясокомбинаты, хозяйства аквакультуры), влажность воздуха нужно исследовать более детально.

Для измерения влажности используют указанные выше термогигрометры, а также аспирационный психрометр МВ-4М - см рис.1.1. Прибор состоит из двух одинаковых ртутных термометров 15, закрепленных в специальной оправе. Резервуары термометров находятся в двойных металлических гильзах, что исключает влияние тепловых излучений на показания термометров. В головке 8 прибора находится вентилятор для всасывания воздуха с заводным пружинным механизмом и ключом 9 для ручной заводки пружины. Резервуар одного из термометров (правого) обертывается тонкой тканью (марлей, батистом и т.п.) и перед началом работы смачивается дистиллированной водой при помощи специального резинового баллончика с пипеткой (имеется в комплекте прибора). Смачивание обертки производят зимой за четверть часа, а летом за 4 мин до начала замеров. Для этого пользуются пипеткой, которую вводят до отказа во внутреннюю полость правой гильзы 16, смачивая тканевую обертку резервуара правого термометра.

Заводить механизм психрометра нужно почти до отказа (5 полных оборотов), но осторожно, чтобы не повредить прибор. После заводки психрометр помещают в вертикальном положении в исследуемой точке, и на 4-й мин после пуска вентилятора производят отсчет показаний сухого левого и влажного правого термометров.

Определение влажности воздуха (абсолютной и относительной) можно проводить либо по специальным психрометрическим таблицам, либо по психрометрическому графику (они размещены на лабораторном столе), либо расчетом по специальным формулам. Абсолютную влажность вычисляют по формуле

$$P_a = P_B - 0,5(t_c - t_B) \frac{B}{100415}, \quad (1.2)$$

где P_a – искомая абсолютная влажность воздуха, характеризуемая упругостью или парциальным давлением водяных паров в воздухе, Па; P_B – упругость насыщенных водяных паров при температуре влажного термометра, Па. Она определяется по табл. 1.6 и характеризует максимально возможную влажность воздуха при известной температуре; t_c , t_B – соответственно показания сухого и влажного термометров психрометра; B – барометрическое давление, Па. В лабораторной работе величина B определяется по настенному барометру, укрепленному над лабораторным столом; 100415 – среднее барометрическое давление, Па.

Зная величину P_a , можно рассчитать влагосодержание воздуха, т.е. количество водяных паров в граммах, содержащихся в 1 кг сухого воздуха. Влагосодержание d определяют по формуле

$$d = 622 \cdot \frac{P_a}{B - P_a}. \quad (1.3)$$

Как известно, абсолютная влажность численно равна массе единицы объема водяного пара, т. е. его плотности $\rho_{в.п.}$. Она может быть получена по выражению

$$\rho_{в.п.} = \frac{P_a}{R_{в.п.} \cdot T}, \quad (1.4)$$

где $R_{в.п.} = 0,461$ Дж/г·К – удельная газовая постоянная водяных паров; $T = t + 273$ – абсолютная температура воздуха, °К.

Относительную влажность воздуха φ можно определить по соотношению

$$\varphi = \frac{P_a}{P_H} \cdot 100\%, \quad (1.5)$$

где P_H – упругость (парциальное давление) насыщенных водяных паров при температуре сухого термометра t_c . Берется из табл. 1.4.

Кроме того, величина φ может быть определена по специальной психрометрической таблице, а также по психрометрическому графику. Полная психрометрическая таблица и график помещены на лабораторном столе.

Если в ходе исследования условий труда необходима регистрация измерений влажности воздуха во времени, то применяют специальные самопишущие приборы – гигрографы, термографы и пр. Один из таких приборов – гигрограф М-21 закреплен над лабораторным столом.

Таблица 1.4

Упругость (парциальное давление) насыщенных водяных паров при температуре сухого термометра аспирационного психрометра

Температура воздуха, °С	Упругость насыщенных водяных паров	Температура воздуха, °С	Упругость насыщенных водяных паров
11	1309	19	2191
12	1309	20	2359
13	1494	21	2480
14	1594	22	2637
15	1701	23	2802
16	1813	24	2976
17	1932	25	3160
18	2058	26	3353

2. Алгоритм опыта (эксперимента) и обработки данных

2.1 Лабораторную работу выполняет бригада, в состав которой входят не более двух студентов.

2.2. Перед началом работы нужно изучить полностью настоящие методические указания, обращая особое внимание на порядок использования приборов, устройство лабораторного стенда, типы и устройство приборов, закрепленных над лабораторным столом. Затем следует подготовиться к записям – см. табл. 1.6, получить секундомер или использовать свои наручные часы с секундной стрелкой.

Лабораторная установка, на которой выполняется работа, изображена на рис.1.1. В ее левой части вмонтирован вентилятор 13, в правой установлен аспирационный психрометр МВ-4М.

На лицевой панели смонтированы переключатели 2, регулирующие подачу воздуха на анемометры; переключатель 4, управляющий арретирами анемометров; тумблер 1 «Сеть», тумблер 3, включающий электродвигатель вентилятора. При включении электродвигателя загораются сигнальные лампочки 11, 12. Для смачивания резервуара 16 правого термометра психрометра предусмотрена пипетка 14 с изогнутой стеклянной трубкой.

2.3. Последовательность выполнения работы

2.3.1. Получите секундомер и номер задания у преподавателя. Варианты заданий указаны в табл. 1.5. Составьте таблицу для записи показаний. Форма её должна соответствовать форме табл. 1.6.

2.3.2. Смочите обертку резервуара правого термометра психрометра. Для этого воспользуйтесь пипеткой 14 со стеклянной трубкой. Набрав дистиллиро-

ванную воду, осторожно введите конец трубки в гильзу 16 правого термометра и, резко нажав на пипетку, увлажните обертку резервуара термометра.

2.3.3. В соответствии с номером задания установите в нужное положение переключатели 2 (оба переключателя должны быть установлены в одинаковое положение).

2.3.4. Поверните переключатель 4 вправо до отказа. Запишите показания чашечного анемометра.

2.3.5. Включите штепсельную розетку в электросеть. Затем включите питание на установку – тумблер 1 поверните вверх.

2.3.6. Включите электровентилятор – тумблер 3 поверните вправо или влево от нейтрального положения в зависимости от варианта задания.

2.3.7. Приготовьте секундомер и одновременно с поворотом переключателя 4 влево до отказа включите секундомер. Через 100 с выключите секундомер и одновременно поверните переключатель 4 вправо до отказа.

Таблица 1.5

Варианты заданий на лабораторную работу

Номер варианта	Положение переключателей 2 подачи воздуха	Положение тумблера 3	Период года	Категория работ
1	3	Влево	Холодный	Легкая – 1 а
2	4	Вправо	Холодный	Тяжелая -III
3	2	Вправо	Теплый	Средней тяжести – II а
4	5	Влево	Теплый	Тяжелая – III
5	1	Влево	Холодный	Средней тяжести – II б
6	2	Влево	Теплый	Тяжелая - III
7	3	Вправо	Холодный	Легкая – 1 б
8	4	Влево	Теплый	Легкая – 1 а
9	2	Вправо	Теплый	Легкая – 1 б

2.3.8. Запишите показания чашечного анемометра. Найдите разность показаний, число делений шкалы, соответствующее 1 с, и определите скорость движения воздуха – порядок определения пояснялся ранее. Если скорость оказалась менее 3 м/с, то нужно измерить скорость с помощью крыльчатого анемометра. С этой целью:

а) поверните переключатель 4 влево до отказа и запишите показания крыльчатого анемометра;

б) подготовьте секундомер и одновременно с поворотом переключателя 4 вправо до отказа включите секундомер. Через 100 с выключите его и одно-

временно поверните переключатель 4 влево до отказа. Переведите тумблер 3 и переключатель 4 в нейтральное положение;

в) запишите показания крыльчатого анемометра. Вычислите разность показаний, число делений шкалы, соответствующее 1 с, и скорость движения воздуха. Помните, что для крыльчатого анемометра имеются два градуировочных графика – они находятся на лабораторном столе.

2.3.9. Поверните тумблер 1 вниз и вытащите вилку из сети.

2.3.10. Определите влажность воздуха. Заведите ключом 9 (см. рис. 1.1) механизм психрометра. Ключ необходимо повернуть не более чем на 5 полных оборотов. Прибор при этом придерживайте за головку 8. На четвертой минуте после пуска вентилятора психрометра произведите отсчет по сухому (левому) и влажному (правому) термометрам.

2.4. Указания по подготовке отчета по работе

2.4.1. Запишите цель работы, вычертите лицевую панель лабораторного стенда, укажите расположение и названия приборов, назначение органов управления.

2.4.2. Рассчитайте по формулам (1.2) – (1.5) величины P_a , d , $r_{в.п}$ и φ . Расшифруйте все буквенные обозначения.

2.4.3. Определите величину φ по психрометрическому графику и по психрометрической таблице, находящимся на лабораторном столе.

2.4.4. Заполните сводную таблицу результатов работы, форма которой должна соответствовать табл.5.1. Нормированные значения микроклиматических условий берите по табл. 1.1 и 1.2 с учетом варианта задания.

2.4.5. Температуру воздуха в помещении принимают по показаниям сухого термометра аспирационного психрометра МВ-4М или психрометра ПБУ-1М.

3. Выводы

По результатам измерений следует сделать мотивированный вывод о том, какими (оптимальными или допустимыми) являются замеренные микроклиматические условия – по всем показателям микроклимата.

4. Требования к технике безопасности при проведении работы

Для привода вентилятора используется электродвигатель, подключенный к электросети высокого напряжения – 220 В. Такое напряжение опасно для жизни человека.

При выполнении работы нужно соблюдать меры электробезопасности. Запрещается выполнять какие-либо ремонтные работы при включении стенда в сеть.

Соблюдайте осторожность при работе с психрометром. Помните, что термометры психрометра заполнены ртутью, являющейся чрезвычайно опасным ядовитым веществом.

5. Форма отчета

Форма отчета по лабораторной работе представлена в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Форма записи результатов работы

Наименование позиций		Результаты работы	
Номер варианта задания			
Положение переключателей 2, 3			
Период года			
Категория работ по уровню энергозатрат			
Показания анемометров	чашечного	Конечный отсчет	
		Начальный отсчет	
		Разность	
		Время экспозиции, с	
		Число делений на 1 с	
		Скорость, м/с	
	крыльчатого	Конечный отсчет	
		Начальный отсчет	
		Разность	
		Время экспозиции, с	
		Число делений на 1 с	
		Скорость м/с	
ПОКАЗАНИЯ ПСИХРОМЕТРА		Сухой термометр	
		Влажный термометр	
Относительная влажность, %		По формуле (1.5)	
		По психрометрической таблице	
		По психрометрическому графику	
Нормированные значения параметров микроклимата	оптимальные	Температура, °С	
		Относительная влажность, %	
		Скорость движения воздуха, м/с	
	допустимые	Температура, °С	
		Относительная влажность, %	
		Скорость движения воздуха, м/с	
Допустимое время пребывания на рабочем месте, ч			
Вывод			

7. Вопросы для контроля готовности к выполнению работы

1. Для контроля каких показателей микроклимата можно использовать аспирационный психрометр?
2. При какой среднесуточной температуре наружного воздуха период года считается холодным?
3. Какую категорию тяжести имеют физические работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения?
4. Каковы допустимые перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата?
5. На какой высоте от пола или рабочей площади нужно измерять относительную влажность воздуха при работах сидя?
6. За какое время до начала замеров необходимо увлажнить обертку правого термометра аспирационного психрометра при замерах влажности воздуха зимой?
7. При какой скорости воздуха, измеренной с помощью чашечного анемометра, студенту рекомендуется перейти на крыльчатый анемометр?
8. Какова продолжительность измерения скорости воздуха с помощью анемометров?
9. Каковы известные способы определения относительной влажности воздуха, если известны показания психрометров?
10. На какой минуте после пуска вентилятора аспирационного психрометра необходимо произвести отсчеты по сухому и влажному термометрам психрометра?

8. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

1. Какие показатели характеризуют микроклиматические условия в производственных помещениях?
2. Какие приборы используются для исследования микроклиматических условий?
3. Каковы пределы измерения чашечным и крыльчатым анемометрами?
4. Как устроен и как используется аспирационный психрометр?
5. Что понимается под рабочим местом?
6. В каких местах следует измерять температуру воздуха?
7. Где следует измерять относительную влажность воздуха?
8. Какие факторы принимаются во внимание при назначении норм микроклимата?

9. Что понимается под оптимальными микроклиматическими условиями? Каковы их преимущества по сравнению с допустимыми?

10. Почему в нормах микроклимата учитываются категории тяжести выполняемых работ?

11. К какой категории тяжести относится работа студента в лаборатории по охране труда? Приведите соответствующие обоснования.

12. Как подразделяются и чем характеризуются легкие физические работы?

13. Что понимается под терморегуляцией?

14. Как нормируется интенсивность теплового облучения работающих?

15. Как рассчитывается ТНС-индекс? Что он характеризует?

Литература: [1-3].

Лабораторная работа 2

Тема: Оценка эффективности поглощающих завес при инфракрасных излучениях

Цель: С помощью одного из приборов, указанных ниже, произвести измерения интенсивности инфракрасного облучения на разных расстояниях от источника без поглощающих завес и с применением завес. Оценить эффективность поглощения тепловой энергии цепной завесой. Измерить температуру источника инфракрасного излучения оптическим пирометром. Ознакомиться с нормированием инфракрасного облучения и с методами защиты от него. Изучить принцип действия приборов для измерения интенсивности инфракрасного излучения и оптического пирометра.

Используемое оборудование и материалы:

Лабораторная установка с источником инфракрасного излучения и экранирующими устройствами; приборы для измерения интенсивности инфракрасного излучения: электроактинометр Носкова, радиометр неселективный «Аргус-03», измеритель плотности тепловых потоков ИПП-2М; оптический пирометр «Проминь» для определения температуры источника инфракрасного излучения.

1. Теоретическая часть

На шкале электромагнитных излучений инфракрасное излучение занимает промежуток между красной частью видимого спектра с одной стороны и ультракороткими радиоволнами с другой. Считается, что диапазон длин волн инфракрасного излучения лежит в пределах $\lambda \approx 0,76 \dots 420$ мкм.

В отличие от других электромагнитных излучений, которые проявляют себя разнообразно в зависимости от длины волны, определяющим признаком

инфракрасного излучения является тепловое воздействие. Оно выражается в нагревании тел, поглощающих инфракрасное излучение.

Строго говоря, электромагнитные излучения любой длины волны среди прочих эффектов обнаруживают в большей или меньшей степени тепловое воздействие на тела, их поглощающие. Но именно в диапазоне $\lambda \approx 0,76...420$ мкм возникает наибольший тепловой эффект, что и позволяет это излучение называть тепловым, или инфракрасным.

Хотя теоретически источником инфракрасного (теплого) излучения является любое тело с температурой, отличной от абсолютного нуля (0 К), практическое значение приобретает инфракрасное излучение тел, температура которых выше температуры окружающей среды. В производственных условиях это обычно те устройства и аппараты, температура среды в которых близка к $100 \text{ }^\circ\text{C}$ или выше: автоклавы, бланширователи, обжарочные и копильные печи, теплогенераторы и другие виды оборудования.

Выделяемая нагретым телом теплота передается в окружающую среду конвекционным путем (перенос тепла потоком воздуха) и радиацией или излучением, когда тепловая энергия переносится от одного тела к другому благодаря инфракрасному излучению первого и поглощению инфракрасного излучения вторым.

Поскольку на передачу тепла вторым способом приходится около $2/3$ выделяемой нагретым телом теплоты и именно инфракрасное излучение за счет проникающей способности вызывает в организме негативные последствия, то в производственных помещениях с источниками избыточного тепла инфракрасное излучение нормируется и учитывается как самостоятельный фактор условий труда.

Чтобы понять особенности воздействия инфракрасного излучения на организм человека и основанные на этих особенностях принципы его нормирования, необходимо вспомнить физические закономерности процессов излучения и поглощения тепла.

Способность тела к излучению определяется его способностью к поглощению. Проще говоря, излучательная способность тела равна его коэффициенту поглощения (при определенной температуре и длине волны). Эта закономерность носит название закона Кирхгофа:

$$\varepsilon(\lambda, T) = \alpha(\lambda, T), \quad (2.1)$$

где ε - излучательная способность; α - коэффициент поглощения; λ - длина волны; T - температура тела.

Известно, что тело, обладающее максимальной способностью поглощения лучей (независимо от длины волны и температуры), называется абсолютно черным телом. Следовательно, и излучательная способность абсолютно черного тела является максимальной, т. е. $\varepsilon_{\text{черн}}=1$. В природе, однако, абсолютно

черных тел мало (если не считать нашего светила – Солнца). Но абсолютно черное тело удобно использовать в качестве стандартного излучателя, поскольку его излучательная способность определяется только температурой.

Все естественные тела правильнее называть серыми, так как их фактическая излучательная способность меньше единицы. В табл. 3.1 приведены значения излучательной способности некоторых материалов.

С учетом сказанного излучение любого серого тела можно выразить через излучение абсолютно черного тела:

$$\Phi_{\text{сер}} = \varepsilon \cdot \Phi_{\text{черн}}, \quad (2.2)$$

т. е. тепловой поток серого тела равен тепловому потоку абсолютно черного тела с той же температурой, умноженному на излучательную способность серого тела.

Эта закономерность позволяет при изучении вопроса об инфракрасном излучении воспользоваться рядом законов, которым подчиняется абсолютно черное тело.

Таблица 2.1

Излучательная способность (ε) некоторых материалов

№ п/п	Материал	ε
1	Сажа	0,95
2	Серый чугун необработанный	0,94
3	Кирпичная кладка	0,93
4	Вода	0,92
5	Масляная краска	0,78
6	Песок	0,76
7	Сталь прокатная	0,67
8	Сталь никелированная	0,06
9	Медь полированная	0,04

Один из таких законов – закон Стефана-Больцмана, согласно которому общее количество энергии, излучаемой абсолютно черным телом, пропорционально четвертой степени температуры тела:

$$P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot T^4, \text{ Вт}, \quad (2.3)$$

где P , Вт – мощность теплового излучения; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$, Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана-Больцмана; ε - излучательная способность серого тела; A , м² – площадь излучающей поверхности; T , К - температура излучающей поверхности.

Этот закон позволяет сделать практически важный вывод: даже незначительное увеличение температуры нагретого тела приведет к существенному повышению теплового излучения.

При практической оценке энергии теплового излучения нагретым телом необходимо учитывать, что процесс излучения всегда сопровождается обратным процессом, т. е. процессом поглощения тепловой энергии от других нагретых тел. Когда какие-либо тела, имеющие различные температуры, находятся поблизости друг от друга, то каждое из них, создавая свое излучение, одновременно поглощает излучение других тел. Таким образом, между всеми телами в природе происходит обмен тепловой энергией, способствующий выравниванию их температур. Если, к примеру, мы рассматриваем два тела при условии, что $T_1 > T_2$, то с учетом взаимного теплообмена мощность излучаемой первым телом тепловой энергии (избыточного тепла, как говорят в производственной практике) будет:

$$P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A (T_1^4 - T_2^4) \text{ Вт.} \quad (2.4)$$

Если мощность теплового излучения отнести к единице площади излучающей поверхностей, положив при этом, что площади излучающей и поглощающей поверхностей первого тела будут одинаковы; за второе тело, участвующее во взаимном теплообмене, принять человека, находящегося вблизи источника излучения, то мы получим интенсивность теплового излучения- q , Вт/м², что как раз и является нормируемым гигиеническим показателем теплового (инфракрасного) облучения работающих:

$$q = \sigma \cdot \varepsilon (T_1^4 - T_2^4) \text{ Вт/м}^2, \quad (2.5)$$

где ε - излучательная способность источника инфракрасного излучения; T_1 - температура этого же источника; T_2 - температура тела человека. Эта формула, строго говоря, является приближенной, так как она не учитывает излучательную способность одежды человека во взаимном теплообмене, но для практических расчетов она удовлетворительна.

Имеет практическое значение для изучаемого вопроса и еще один закон, которому подчиняется абсолютно черное тело. Это закон смещения Вина: произведение абсолютной температуры излучающего тела (T) на длину волны (λ_{max}) с максимальной энергией - есть величина постоянная:

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = C, \quad (2.6)$$

где $C = 2880 \text{ К} \cdot \text{м}^{-6}$; T - температура (К); λ_{max} - длина волны с максимальной энергией излучения, мкм.

Иначе говоря, закон Вина свидетельствует о том, что с увеличением температуры нагретого тела спектр его излучения смещается в сторону коротких волн. Чем выше температура тела, тем большую долю в спектре его излучения занимают короткие волны.

Поскольку биологическое действие длинных и коротких волн инфракрасного диапазона различно, практикой гигиенического нормирования приняты различные допустимые значения интенсивности излучения для тел, нагретых до темного свечения (когда преобладают длинные волны), и тел, нагретых до

белого и красного свечения (когда в спектре излучения преобладают короткие волны).

Кроме того, поскольку с повышением температуры увеличивается доля коротковолнового излучения и соответственно меняется цвет излучения, то это позволяет, рассуждая в обратном порядке, считать, что цвет излучения может служить характеристикой температуры излучения (цветовая температура). На этом принципе работает оптический пирометр – прибор для бесконтактного (дистанционного) измерения температуры нагретого тела.

Физиологическое действие инфракрасного излучения. По длине волны инфракрасные лучи делятся на:

- коротковолновые с $\lambda = 0,76 \text{ мкм} \dots 1,4 \text{ мкм}$;
- средневолновые с $\lambda = 1,4 \text{ мкм} \dots 3 \text{ мкм}$;
- длинноволновые с $\lambda = 3 \text{ мкм} \dots 420 \text{ мкм}$.

Воздействие инфракрасного излучения на организм человека зависит от длины волны и проявляется как местными, так и общими реакциями, но основная реакция в любом случае, как уже отмечалось, выражается в повышении температуры поверхностных или глуболежащих участков (органов) тела.

Местная реакция выражается сильнее при средне- и длинноволновом облучении, так как эти волны почти полностью поглощаются кожным покровом. Она проявляется повышением температуры кожного покрова, субъективным ощущением жжения и боли на том участке кожи, который подвергся облучению. Время переносимости местной тепловой реакции сокращается с увеличением длины волны и ее интенсивности, что следует из табл. 2.2.

Коротковолновое инфракрасное излучение, обладая большей проникающей способностью, приводит к повышению температуры глуболежащих тканей, вызывая обширные физиологические сдвиги во всех системах и органах. В частности, изменяется состав крови, усиливается секреторная деятельность желудка, поджелудочной и слюнной желез.

Воздействуя на ткани мозга, коротковолновое излучение вызывает так называемый тепловой удар, который проявляется головокружением, головной болью, учащением пульса и дыхания, потемнением в глазах, потерей сознания.

Коротковолновое инфракрасное излучение опасно для глаз, особенно для хрусталика. Возможное последствие инфракрасного излучения на глаза – появление инфракрасной катаракты.

Таблица 2.2

Время переносимости (в секундах) инфракрасного излучения в зависимости от интенсивности и длины волны

Интенсивность инфракрасного излучения, Вт/м ²	Длина волны, мкм	
	1,07	3,6
1400	305	159
2800	37,9	27,3
4200	21,2	12,9
5600	14,5	9,5

При длительном инфракрасном облучении большой интенсивности возможно увеличение общей температуры тела на 1,5–2 °; развитие в центральной нервной системе тормозных процессов, снижение нервно-мышечной возбудимости, понижение общего обмена веществ.

Все это позволяет отнести инфракрасное (тепловое) излучение повышенной интенсивности к категории вредных факторов окружающей среды и делает необходимым его нормирование в производственных условиях.

Нормирование инфракрасного излучения и его измерение. Инфракрасное излучение как вредный производственный фактор нормируется в [3].

Нормируемым показателем является интенсивность теплового облучения (в Вт/м²).

В основу нормирования положен учет преобладающей длины волны и площадь облучаемой поверхности тела. То есть допустимые значения интенсивности облучения установлены отдельно для длинноволнового (тела, нагретые до темного свечения) и коротковолнового диапазонов инфракрасного излучения (тела, нагретые до красного и белого свечения).

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от производственных источников, нагретых до темного свечения, должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ²
50 и более	35
25 – 50	70
Не более 25	100

Допустимой величиной интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения, является значение 140 Вт/м². При этом облучению не должно подвергаться более 25%

поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Тепловое облучение на рабочем месте необходимо измерять от каждого источника, располагая приемник актинометра нормально к падающему потоку. Измерения следует проводить на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м от пола или рабочей площадки.

Кроме нормирования интенсивности теплового облучения, о котором сказано выше, в ГОСТ 12.4.123-83 «ССБТ. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования», регламентируется температура поверхности технологического оборудования, исключающая возможность ожога для человека, его обслуживающего. Температура поверхности оборудования не должна превышать 35°C, если температура среды внутри не превышает 100°C; и температура поверхности не должна превышать 45°C, если температура внутри больше 100°C.

Температура нагретых поверхностей измеряется контактными приборами – электротермометрами, или дистанционными - пирометрами.

Устройство и принцип действия приборов для измерения интенсивности инфракрасного излучения и оптического пирометра. Прибор для измерения интенсивности инфракрасного (теплового) излучения в общем случае называется актинометром. В данной лабораторной работе может быть использован один из трех актинометров: электроактинометр Носкова, радиометр неселективный «Аргус-03», измеритель плотности тепловых потоков ИПП-2М.

В основе работы электроактинометра Носкова лежит термоэлектрический эффект. Приемник актинометра состоит из алюминиевой пластинки, на которой чередуются в шахматном порядке зачерненные (поглощающие тепловые лучи) и блестящие (отражающие эти лучи) секции. К пластинке прикреплена батарея из термопар «медь-константан», подсоединенная к гальванометру.

Из-за разной величины поглощения инфракрасного излучения блестящими и зачерненными секциями приемника возникает термоток, вызывающий отклонение стрелки гальванометра. Величина отклонения стрелки соответствует интенсивности падающих на приемник инфракрасных лучей.

Цена деления прибора 0,5 кал/(см²·мин). Инерция прибора 2-3 с. Диапазон измерения от 0 до 20 кал/(см²·мин) или от 0 до 14 кВт/м², так как 1 кал/(см²·мин) = 700 Вт/м².

Радиометр неселективный «Аргус-03» предназначен для измерения энергетической освещенности (интенсивности инфракрасного облучения) в диапазоне от 1 до 2000 Вт/м² спектрального диапазона от 1,1 до 20 мкм. Принцип работы прибора основан на преобразовании потока излучения, создаваемого источниками, в непрерывный электрический сигнал, пропорциональный энерге-

тической освещенности, который затем преобразуется в цифровой код, индуцируемый на цифровом табло индикаторного блока.

Измеритель плотности тепловых потоков ИПП-2М предназначен как для измерения плотности тепловых потоков (интенсивности инфракрасного облучения) в диапазоне от 1 до 2000 Вт/м², так и для измерения поверхностной температуры в диапазоне от (минус 50) до (200), °С. Метод определения плотности теплового потока основан на измерении перепада температуры на вспомогательной пластинке. Этот температурный перепад, пропорциональный в направлении теплового потока его плотности, преобразуется в электрический сигнал с помощью ленточной термопары, расположенной внутри пластинки. Ленточная термопара и вспомогательная пластинка образуют преобразователь теплового потока. На передней панели прибора располагается светодиодный индикатор для отображения измеряемой величины, на правой боковой поверхности корпуса прибора – тумблер включения прибора, а на левой боковой поверхности прибора – переключатель режима работы.

Пирометр – прибор для дистанционного (визуального) измерения температуры нагретого тела.

В данной лабораторной работе используется оптический пирометр «Проминь», в котором измерение температуры нагретой поверхности осуществляется по ее яркости.

В излучении нагретого тела энергия излучения в соответствии с длинами волн распределяется неравномерно. В спектре излучения всегда есть волна с максимальной энергоотдачей, ее длина обозначается λ_{\max} .

В соответствии с законом смещения Вина

$$\lambda_{\max} \cdot T = C, \quad (2.7)$$

где C – постоянная величина; T – температура нагретого тела.

В силу этой закономерности, с повышением температуры нагретого тела энергетический максимум его излучения смещается в сторону коротких волн. То есть чем выше температура, тем больше в спектре излучения тела коротких волн. Поскольку инфракрасное излучение граничит с видимым излучением, то чем короче волны инфракрасного излучения, тем ближе они к видимой части спектра, тем ярче свечение нагретого тела. Это явление, позволяющее судить о температуре по цвету излучения, и положено в основу оптической пирометрии.

Главной частью оптического пирометра является фотометрическая лампа переменного накала. Температуру нагретого тела определяют путем уравнивания яркостей свечения нити фотометрической лампы пирометра и раскаленного тела. Уравнивание достигается изменением с помощью реостата силы тока, питающего лампу пирометра. Равенство яркостей воспринимается наблюдателем как исчезновение нити лампы на фоне исследуемой раскаленной поверхности.

В момент уравнивания яркостей отмечают температуру по шкале пирометра, проградуированной в градусах Цельсия.

Для определения истинной температуры исследуемого нагретого тела к показаниям пирометра необходимо добавить поправку, величина которой будет тем больше, чем выше температура тела и ниже его излучательная способность.

Внимание! В лабораторной работе эта поправка в силу своей малости может не учитываться.

Защита от инфракрасного излучения. Применяются следующие способы защиты от инфракрасного излучения: теплоизоляция горячих поверхностей, экранирование тепловых излучений, применение воздушного душирования, защитной одежды, организация рационального режима труда и отдыха.

Теплоизоляция горячих поверхностей является эффективным мероприятием не только для уменьшения интенсивности теплового излучения, но также и для предотвращения ожогов при соприкосновении с этими поверхностями. Для теплоизоляции применяют самые разнообразные материалы и конструкции: специальные бетоны и кирпич, минеральную и стеклянную вату, асбест, войлок и др. Отличительной особенностью материалов, применяемых для теплоизоляции, является высокий коэффициент поглощения или степень черноты.

Экранирование также является распространенным и эффективным способом защиты от инфракрасного излучения. Экраны применяют как для экранирования источников, так и для защиты работников от воздействия лучистого тепла.

По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Это деление достаточно условно, так как любой экран обладает способностью одновременно отражать, поглощать и отводить тепло. Принадлежность экрана к той или иной группе зависит от того, какое из перечисленных свойств представлено в нем в наибольшей степени.

В зависимости от возможности наблюдения за рабочим процессом экраны можно разделить на три типа: прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные.

Материалами для теплоотражающих экранов служат листовой алюминий, белая жечь, алюминиевая фольга (альфоль), т. е. материалы с высокой отражающей способностью.

В теплопоглощающих экранах применяют материалы с большим термическим сопротивлением (асбестовые щиты на металлической сетке, огнеупорный кирпич – в качестве непрозрачного теплопоглощающего экрана), вследствие чего температура наружной поверхности экрана резко уменьшается.

К полупрозрачным теплопоглощающим экранам относятся металлические сетки (с размером ячеей 3 – 3,5, мм), цепные завесы, армированное стекло. Такие экраны уступают по эффективности сплошным, непрозрачным экранам, поэтому их применяют при интенсивности излучения менее 1000 кКал/(м²·ч).

Теплоотводящие экраны, выполненные из сварных или литых конструкций, охлаждаемых протекающей внутри водой, могут применяться при любых интенсивностях излучения.

Теплоотводящий экран, выполненный из металлической сетки, орошаемой водой, применяется при небольших интенсивностях излучения.

Для прозрачных экранов используют силикатное, кварцевое или органическое стекло; тонкие (до 2 нм) металлические пленки на стекле.

Наибольшее распространение получили водяные завесы, устраиваемые у рабочих окон печей в том случае, когда через экран необходимо вводить инструмент, заготовки и т. п.

К средствам индивидуальной защиты от теплового излучения, относятся:

- специальные костюмы, сшитые из сукна, брезента, синтетического волокна, химически обработанных тканей и тканей с металлопокрытием;
- шляпы из войлока, фетра или грубошерстного сукна;
- специальные очки со светофильтрами для защиты глаз, защитные щитки для защиты глаз и лица.

Рациональная организация труда и отдыха предполагает поддержание температуры воздуха на тех рабочих местах, где имеются источники инфракрасного излучения, в пределах следующих значений:

25°C – при категории работ Ia,

24°C – при категории работ Ib,

22°C – при категории работ Iia,

21°C – при категории работ Iib,

20°C – при категории работ III.

Кроме того, в состав санитарно-бытовых помещений вводятся кабины или поверхности для охлаждения, которыми работники могут пользоваться в специально установленные (регламентированные) перерывы. Места отдыха должны быть удалены от источников теплового излучения, обеспечены вентиляцией и питьевой водой.

2. Алгоритм опыта (эксперимента) и обработки данных

2.1. Лабораторная установка. Лабораторная установка показана на рис. 2.1 и состоит из:

- источника лучистой энергии 2, в качестве которого применена 31-ваттная галогенная лампа, площадь излучающей поверхности которой (нить накала) составляет 460 мм²;
- трех рядов цепной завесы 4 на поворотных кронштейнах 5;
- металлического корпуса 1, в котором смонтированы все узлы установки;
- сферического отражателя 3, позволяющего сконцентрировать лучистый поток в направлении актинометра;

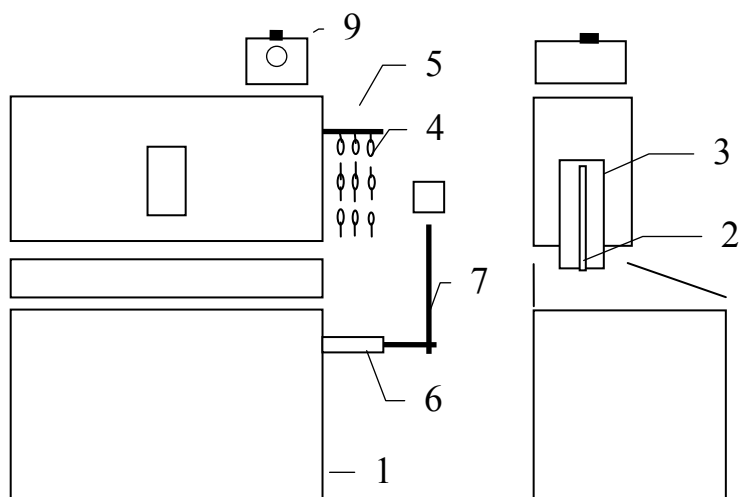


Рис. 2.1. Общий вид установки для определения интенсивности инфракрасного излучения

- регулятора напряжения 9 для установки напряжения тока в источнике инфракрасного излучения.

Кроме того, при выполнении лабораторной работы используются:

- электроактинометр Носкова 8 на телескопическом кронштейне 6 и вертикальной штанге 7 для измерения интенсивности теплового облучения на разных расстояниях от источника тепла (вместо электроактинометра Носкова для измерения интенсивности инфракрасного облучения может быть использован измеритель плотности тепловых потоков ИПП-2М или радиометр «Аргус-03»);

- оптический пирометр для измерения температуры источника инфракрасного излучения (выдается преподавателем или лаборантом).

2.2. Последовательность выполнения работы

Изучить методические указания и подготовить табл. 2.4 и 2.5 для записи результатов замеров.

Включить установку в электрическую сеть и с помощью регулятора напряжения 9 установить напряжение тока в источнике инфракрасного излучения 180 В (выполняется под наблюдением и с разрешения преподавателя или лаборанта).

Дав лампе разгореться на полную мощность (5 мин), с помощью оптического пирометра измерить температуру нити накала лампы.

Установить актинометр 8 на расстоянии 50 см от источника инфракрасного излучения. На телескопическом кронштейне 6 это положение соответствует отметке 0. С помощью актинометра измерить значения интенсивности теплового излучения без применения завес на расстояниях: 50, 55, 60, 65 и 70 см от источника и занести полученные значения в табл. 2.4, переведя их размерность в Вт/м² (1 кал/см²·мин = 700 Вт/м²).

Внимание! При работе с электроактинометром Носкова отсчет замеров следует проводить тщательно, но быстро, так как держать открытой его заднюю крышку более 3-4 с не рекомендуется.

Установить первый ряд цепной завесы и повторить замеры интенсивности излучения на тех же расстояниях от источника; занести результаты замеров в табл. 2.4.

Установить дополнительно к первому второй ряд цепной завесы и повторить замеры, внося их значения в табл. 2.4.

По окончании замеров снять напряжение с источника инфракрасного излучения и выключить установку из сети (выполняется под наблюдением преподавателя или лаборанта).

2.3. Указания по подготовке отчета. Отчет о работе выполняется индивидуально каждым студентом.

В отчете следует указать цель работы, зарисовать общий вид установки. По результатам замеров заполнить табл. 2.4, а по результатам расчетов – табл. 2.5.

По результатам замеров выполнить графики, отражающие закономерность снижения интенсивности инфракрасного излучения в зависимости от расстояния от источника без цепных завес и с применением однорядной и двухрядной завесы.

Расчетом определить интенсивность теплового облучения на тех же расстояниях от источника; результаты расчетов показать на том же графике.

Определить эффективность цепных завес как поглощающего экрана.

В конце отчета поместить выводы.

2.4. Расчет интенсивности инфракрасного облучения. Интенсивность инфракрасного облучения рассчитывается по формулам, основывающимся на законе Стефана-Больцмана:

- если расстояние L м, от источника инфракрасного излучения до облучаемого человека (теоретически до любого другого тела с меньшей температурой) больше или равно \sqrt{F} , где F - площадь излучающей поверхности (в нашем случае это площадь нити накала $F= 460 \text{ мм}^2$), то:

$$q = \{0,91 \cdot F \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]\} / L^2 \text{ Вт/м}^2; \quad (2.8)$$

если $L < \sqrt{F}$, то:

$$q = \{0,91 \cdot \sqrt{F} \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]\} / L \text{ Вт/м}^2. \quad (2.9)$$

В этих формулах:

T_1 (К) – температура источника инфракрасного излучения, принимается по показаниям пирометра. Поскольку шкалы пирометра проградуированы в $^{\circ}\text{C}$, необходимо это значение перевести в К: $T(\text{К}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273^{\circ}$;

T_2 (К) – температура тела человека с учетом теплозащитных свойств одежды. Можно принять в случае хлопчатобумажной одежды $(T_2/100)^4 = 85$, в случае шерстяной или суконной одежды $(T_2/100)^4 = 100$;

F , м² – площадь излучающей поверхности (для нити накала $F = 460$ мм²);

L , м – расстояние между источником инфракрасного излучения и измерительным прибором (актинометром, на месте которого теоретически предполагается человек как теплопоглощающее тело).

Числовой коэффициент 0,91 в формулах (2.8) и (2.9) с размерностью Вт/м²·К⁴ учитывает постоянную Стефана-Больцмана и излучательную способность (степень черноты) источника излучения, а также в очень малой степени излучательную способность одежды человека в той доле тепла, которая поглощается первым телом от излучения второго. В формулах эта доля тепла выражается слагаемым $(T_2/100)^4$.

Эффективность цепных поглощающих завес вычисляется на каждой ступени измерения как:

$$U = [(q_0 - q_1) / q_0] \cdot 100\%, \quad (2.10)$$

или

$$U = [(q_0 - q_2) / q_0] \cdot 100\%, \quad (2.11)$$

где q_0 – значение интенсивности теплового облучения без завесы; q_1 – значение интенсивности теплового облучения с одним рядом цепной завесы; q_2 – значение интенсивности теплового облучения с двумя рядами завесы.

Вычисленные на каждой ступени замеры значения U усреднить.

3. Выводы

Выводы по работе должны содержать:

- оценку условий труда по фактору «интенсивность теплового облучения» без экранирующих завес и с применением завес. Оценка проводится сопоставлением фактического значения интенсивности теплового облучения с нормативным;

- оценку эффективности экранирующих завес;

- оценку эффективности защиты от инфракрасного излучения расстоянием.

4. Требования к технике безопасности при проведении работы

Меры безопасности:

- выполняйте работу в строгом соответствии с методическими указаниями;

- включайте и выключайте установку только с разрешения и под наблюдением преподавателя или лаборанта;

- во избежание повреждения глаз не задерживайте взгляд на нити накала и отражателе;

- во избежание ожога не касайтесь нагретых поверхностей установки.

5. Форма отчета

Форма отчета по лабораторной работе представлена в табл. 2.4 и 2.5.

Таблица 2.4

Результаты замеров

Расстояние, м	Интенсивность облучения q , Вт/м ²			Эффективность завес, %	
	Без завесы q_0	С применением завес		одноряд- ной	двухряд- ной
		один ряд, q_1	два ряда, q_2		
0,50					
0,55					
0,60					
0,65					
0,70					

Таблица 2.5

Результаты расчётов

Расстояние, м	Интенсивность инфракрасного облучения, Вт/м ²
0,5	
0,55	
0,60	
0,65	
0,70	

6. Вопросы для контроля готовности к выполнению работы

1. Какой прибор из перечисленных ниже используется для дистанционного измерения температуры нагретых тел?

2. Каким значением ограничивается температура наружной поверхности оборудования, если температура среды внутри этого оборудования не превышает 100°C?

3. В каком диапазоне длин волн электромагнитные излучения называются инфракрасными излучениями?

4. Укажите допустимую величину интенсивности теплового облучения работающих от источников, нагретых до белого и красного свечения.

5. При каких показателях инфракрасного облучения обязательно применение средств индивидуальной защиты?

6. Укажите правильную запись закона Стефана-Больцмана для серого тела (связывающего интенсивность теплового излучения q , Вт/м², с температурой нагретого тела T (К)).

7. Какой из перечисленных ниже приборов не предназначен для измерения интенсивности теплового (инфракрасного) облучения?

8. Какой из перечисленных ниже материалов ближе по излучательной способности к абсолютно черному телу?

9. Укажите нормативный документ, регламентирующий в настоящее время интенсивность теплового облучения работающих.

10. Какой из способов защиты от теплового облучения исследуется в данной лабораторной работе?

7. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

1. Какая часть полного спектра электромагнитных излучений называется инфракрасным (тепловым) излучением?

2. Какой закон положен в формулу расчета интенсивности теплового облучения работающих и в чем его суть?

3. Расскажите, что такое абсолютно черное и серое тело? Каким показателем учитывается при расчетах интенсивности теплового излучения степень черноты излучающей поверхности?

4. Объясните назначение и принцип работы электроактинометра Носкова.

5. Объясните назначение и принцип работы оптического пирометра. Какой закон лежит в основе оптической пирометрии?

6. Расскажите о негативном влиянии инфракрасного излучения на человека.

7. Назовите и охарактеризуйте основные способы защиты от инфракрасного облучения.

8. Назовите известные Вам виды или типы технологического оборудования, являющиеся источниками инфракрасного излучения.

9. Как и каким документом регламентируется температура поверхности технологического оборудования?

10. Назовите средства индивидуальной защиты от теплового облучения.

11. Как учитывается площадь облучаемой поверхности тела при нормировании интенсивности теплового облучения работающих?

12. В чем разница воздействия на человека коротковолновых и длинноволновых инфракрасных излучений?

Литература: [1-4].

Лабораторная работа 3

Тема: Защита от теплового излучения

Цель: ознакомиться с теорией теплового излучения, физической сущностью и инженерным расчетом теплоизоляции, с приборами для измерения тепловых потоков, нормативными требованиями к тепловому излучению, с методами измерения интенсивности теплового излучения, определить зависимость интенсивности теплового излучения от расстояния до источника и оценить эффективность защиты от теплового излучения с помощью экранов и воздушной завесы.

Используемое оборудование и материалы

Стенд лабораторный «Защита от теплового излучения». В составе стенда: источник теплового излучения (бытовой электрокамин), воздушная помпа, измеритель плотности тепловых потоков и температуры, защитные экраны.

1. Теоретическая часть

Лучистый теплообмен между телами представляет собой процесс распространения внутренней энергии, которая излучается в виде электромагнитных волн в видимой и инфракрасной (ИК) области спектра. Длина волны видимого излучения от 0,38 до 0,77 мкм, инфракрасного – более 0,77 мкм. Такое излучение называют тепловым или лучистым.

Воздух прозрачен (диатермичен) для теплового излучения, поэтому температура воздуха не повышается при прохождении через него лучистого тепла. Тепловые лучи поглощаются предметами, нагревают их, и они становятся излучателями тепла. Воздух нагревается, соприкасаясь с нагретыми телами.

Интенсивность теплового излучения может быть определена по формуле (3.1):

$$Q = \frac{0,78F \left[\left(\frac{T^0}{100} \right)^4 - 110 \right]}{l^2} \text{ Вт/м}^2, \quad (3.1)$$

где Q – энергия теплового излучения, Вт/м²; F – площадь излучающей поверхности, м²; T^0 – температура излучающей поверхности, °К; l – расстояние от излучающей поверхности до объекта, м.

Из формулы (3.1) следует, что количество лучистого тепла, поглощаемого телом человека, зависит от температуры источника излучения, площади излучающей поверхности, от квадрата расстояния между излучающей поверхностью и телом человека.

Тепловой обмен организма человека с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла (термогенезом) в результате жизнедеятельности организма и отдачей им этого тепла во внешнюю среду. Теплообмен осуществляется конвекцией в результате омывания тела воздухом, тепло-

проводностью, излучением и в процессе тепломассобмена (при испарении влаги, выводимой на поверхность кожи потовыми железами, и при дыхании). Отдача тепла осуществляется в основном тремя способами: конвекцией, излучением и испарением.

Передача тепла путем излучения является наиболее эффективным способом теплоотдачи и составляет в комфортных метеоусловиях 44-59% общей теплоотдачи. Тело человека излучает тепло в диапазоне волн от 5 до 25 мкм с максимумом энергии для волны длиной 9,4 мкм.

Отдача человеческим телом тепла во внешнюю среду за счет излучения возможна лишь тогда, когда температура окружающих предметов ниже температуры тела человека. В обратном случае направление потока лучистой энергии меняется на противоположное, и уже тело человека будет получать извне дополнительную тепловую энергию. Воздействие теплового излучения приводит к перегреву организма, и тем быстрее, чем больше мощность излучения, выше температура и влажность воздуха в помещении, выше интенсивность выполняемой работы.

Воздействие на здоровье человека и гигиеническое нормирование ИК-излучения. В горячих цехах промышленных предприятий большинство технологических процессов протекают при температурах, значительно превышающих температуру воздуха окружающей среды. Нагретые тела излучают в пространство потоки лучистой энергии. При температуре нагрева до 500 °С с нагретой поверхности излучаются инфракрасные лучи с длиной волны 740-0,76 мкм, а при более высокой температуре – наряду с возрастанием интенсивности инфракрасного излучения появляются видимые световые и ультрафиолетовые лучи.

Инфракрасные лучи оказывают на организм человека в основном тепловое действие. Под влиянием теплового облучения в организме происходят биохимические сдвиги, уменьшается кислородная насыщенность крови, понижается венозное давление, замедляется кровоток и, как следствие, наступает нарушение деятельности, работоспособности в горячих цехах, рационального режима труда и отдыха сердечно-сосудистой и нервной систем.

ИК-излучение, помимо усиления теплового воздействия окружающей среды на организм работающего, обладает специфическим влиянием. С гигиенической точки зрения важной особенностью ИК-излучения является его способность проникать в живую ткань на различную глубину.

Лучи длинноволнового диапазона (длина волны от 1,5 мкм до 1 мм) задерживаются в поверхностных слоях кожи уже на глубине 0,1-0,2 мм. Поэтому их физиологическое воздействие на организм проявляется, главным образом, в повышении температуры кожи и перегреве организма. Длинноволновое излучение может вызвать ожоги кожи и глаз. Наиболее частым и тяжелым поражением глаз под действием ИК-излучения является катаракта глаза.

Наоборот, коротковолновый диапазон ИК-излучения характеризуется способностью проникать в ткани человеческого организма на несколько сантиметров. Так, лучи с длиной волны 0,76...1,5 мкм легко проникают через кожу и черепную коробку в мозговую ткань, что может привести к воздействию на клеточные образования головного мозга. Тяжелые поражения головного мозга ИК-лучами приводят к возникновению специфического заболевания – теплового удара, внешне выражающегося в головной боли, головокружении, учащении пульса, ускорении дыхания, падении сердечной деятельности, потере сознания и т.д.

При облучении коротковолновыми ИК-лучами, проникающими в глуболежащие ткани, наблюдается повышение температуры легких, почек, мышц и других органов. В крови, лимфе, спинно-мозговой жидкости появляются специфические биологически активные вещества, наблюдаются нарушения обменных процессов, изменяется функциональное состояние центральной нервной системы.

Кроме непосредственного действия на человека, ИК-излучение нагревает окружающие конструкции. Эти вторичные источники тепла отдают теплоту окружающей среде излучением и конвекцией, в результате чего температура воздуха внутри помещения повышается.

Тепловое излучение интенсивностью до 350 Вт/м² не вызывает неприятных ощущений. Болевые ощущения возникают при нагреве кожи до 40-45 °С. При действии облучения интенсивностью 1050 Вт/м² через несколько секунд возможны ожоги. При интенсивности 700-1400 Вт/м² частота пульса увеличивается на 5-7 ударов в минуту. Интенсивность ИК-излучения на различных рабочих местах может быть весьма высокой. Например, в момент заливки стали в форму она составляет 12000 Вт/м², при выбивке отливок из опок – 350 - 2000 Вт/м², при выпуске стали из печи в ковш – 7000 Вт/м².

В соответствии с [3] интенсивность теплового облучения от нагретых поверхностей технологического оборудования (источников «темного свечения» - длинноволнового излучения), осветительных приборов, инсоляции работающих на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности тела, 70 Вт/м² – при величине облучаемой поверхности от 25 до 50% и 100 Вт/м² – при облучении не более 25% поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников ИК-излучения (источники белого и красного свечения – нагретый металл, стекло, открытое пламя и др.- источники коротковолнового излучения) не должна превышать 140 Вт/м², при этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств ин-

дивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз. Нормы для теплового излучения приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Допустимые значения интенсивности теплового излучения

Вид источника ИК-излучения	Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового излучения, Вт/м ² , не более
Источники «темного свечения»	50 и более	35
	25-50	70
	До 25	100
Источники «белого и красного свечения»	До 25	140

Нормы ограничивают также температуру нагретых поверхностей оборудования в рабочей зоне. При температуре внутри оборудования 100° С или менее температура на его поверхности устанавливается не выше 35° С. При температуре внутри выше 100° С температура поверхности не должна превышать 45°С.

Защита от ИК-излучения. Ведущая роль в профилактике вредного влияния инфракрасного излучения принадлежит технологическим мероприятиям: замене старых и внедрению новых технологических процессов и оборудования. Например, применение штамповки вместо поковочных работ, применение индукционного нагрева металла токами высокой частоты. Внедрение автоматизации и механизации дает возможность пребывания работников вдали от источника тепла.

К группе санитарно-технических и организационных мероприятий относится применение коллективных средств защиты

К коллективным средствам защиты от ИК-излучения относятся:

теплоизоляция горячих поверхностей,

экранирование источников ИКИ либо рабочих мест,

воздушное душирование,

мелкодисперсное распыление воды,

общеобменная вентиляция или кондиционирование воздуха.

Общеобменной вентиляции при этом отводится ограниченная роль – доведение условий труда до допустимых с минимальными эксплуатационными затратами.

Одним из самых распространенных способов борьбы с тепловым излучением является экранирование излучающих поверхностей.

По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Однако это деление достаточно услов-

но, так как каждый экран обладает одновременно способностью отражать, поглощать и отводить тепло. Отнесение экрана к той или иной группе производится в зависимости от того, какая способность более сильно выражена.

Теплоотражающие экраны имеют низкую степень черноты поверхностей, вследствие чего они значительную часть падающей на них лучистой энергии отражают в обратном направлении. В качестве теплоотражающих материалов в конструкции экранов широко используют альфоль, листовой алюминий, оцинкованную сталь, алюминиевую краску.

Теплопоглощающими называют экраны, выполненные из материалов с высоким термическим сопротивлением (малым коэффициентом теплопроводности). В качестве теплопоглощающих материалов применяют огнеупорный и теплоизоляционный кирпич, асбест, шлаковату.

В качестве теплоотводящих экранов наиболее широко применяются водяные завесы, свободно падающие в виде пленки, орошающие другую экранируемую поверхность (например, металлическую) либо заключенные в кожух из стекла (аквариальные экраны), металла (змеевики) и др.

В зависимости от возможности наблюдать за технологическим процессом экраны делят на: непрозрачные, полупрозрачные, прозрачные.

В непрозрачных экранах поглощаемая энергия электромагнитных колебаний, взаимодействуя с веществом экрана, превращается в тепловую энергию. При этом экран нагревается и, как всякое нагретое тело, излучает электромагнитные колебания. Излучение поверхностью экрана, противоположащей экранируемому источнику излучения, условно рассматривается как пропущенное излучение источника. К непрозрачным экранам относятся, например, металлические (в том числе алюминиевые), альфолиевые (алюминиевая фольга), футерованные (пенобетон, пеностекло, керамзит, пемза), асбестовые и др.

В прозрачных экранах излучение, взаимодействуя с веществом экрана, минует стадию превращения в тепловую энергию и распространяется внутри экрана по законам геометрической оптики, что и обеспечивает видимость через экран. Так ведут себя экраны, выполненные из различных стекол: силикатного, кварцевого, органического, металлизированного, а также пленочные водяные завесы (свободные и стекающие по стеклу), вододисперсные завесы.

Полупрозрачные экраны объединяют в себе свойства прозрачных и непрозрачных экранов. К ним относятся металлические сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой.

Оценить эффективность защиты от теплового излучения η с помощью экранов и водяной завесы можно по формуле (3.2):

$$\eta = \frac{Q - Q_3}{Q} \cdot 100 \%, \quad (3.2)$$

где Q – интенсивность теплового излучения без применения защиты, Вт/м²; Q_z – интенсивность теплового излучения с применением защиты, Вт/м².

При воздействии на работника теплового излучения мощностью 0,35 кВт/м² и более применяют **воздушное душирование** – подачу воздуха в виде воздушной струи, направленной на рабочее место. Воздушное душирование устраивают также для производственных процессов с выделением вредных паров и газов.

Охлаждающий эффект воздушного душирования зависит от разности температур тела работника и потока воздуха и скорости обтекания воздухом охлаждаемого тела. Для обеспечения на РМ заданных температур и скорости движения воздуха ось воздушного потока направляют в грудь работнику горизонтально или под углом в 45°.

Расстояние от кромки душирующего патрубка до РМ должно быть не менее 1 м. Должна быть обеспечена постоянная скорость поступления воздуха и его постоянная температура.

При душировании по способу ниспадающего потока воздух подают на РМ сверху с минимально возможного расстояния струей большого сечения. Такое душирование требует меньшей степени охлаждения воздуха по сравнению с обычным воздушным душем.

При интенсивности облучения свыше 2,1 кВт/м² воздушный душ не может обеспечить достаточного охлаждения. В этом случае надо обеспечить **водовоздушное душирование**, когда теплоотдача организма увеличивается за счет испарения влаги с поверхности тела и одежды.

К средствам индивидуальной защиты от теплового излучения относят: специальные костюмы, сшитые из сукна, брезента, химически обработанных тканей и тканей с металлопокрытием, шляпы из фетра, войлока или сукна, специальные очки со светофильтрами, щитки.

Повышает работоспособность в горячих цехах рациональный режим труда и отдыха. Он разрабатывается применительно к конкретным условиям работы. Частые короткие перерывы более эффективны для поддержания работоспособности, чем длинные редкие. Например, при температуре воздуха 30-33°С рекомендуется 5-минутный перерыв после 45 мин работы и разрыв смены на 4-5 ч на период наиболее жаркого времени.

Кроме того, в состав санитарно-бытовых помещений вводятся кабины для поверхностного охлаждения, которые должны быть обеспечены вентиляцией и питьевой водой. Кабинами можно пользоваться в регламентированные перерывы.

При кратковременных работах в условиях высоких температур (тушение пожаров, ремонт металлургических печей), где температура достигает 80-100°, большое значение имеет тепловая тренировка. Устойчивость к высоким темпе-

ратурам может быть в некоторой степени повышена использованием фармакологических средств (дибазола, аскорбиновой кислоты), вдыхания кислорода, аэроионизации.

2. Алгоритм опыта (эксперимента) и обработки данных

2.1 Описание стенда

Внешний вид стенда представлен на рис. 3.1.

Стенд представляет собой стол со столешницей 9, на которой размещаются бытовой электрокамин 1, индикаторный блок 8, линейка, стойки 12 для установки сменных экранов 10, стойка 7 для установки измерительного датчика 11 измерителя плотности тепловых потоков, воздушная помпа (воздуходувка) 2, водяная помпа 6, душ 3, емкость с водой 5. Стол выполнен в виде металлического сварного каркаса с полкой, на которой хранятся сменные экраны 10.

Бытовой электрокамин 1 используется в качестве источника теплового излучения.

Воздуходувка 2 создает воздушную завесу и крепится на стойке с помощью хомута.

Для установки измерительного датчика служит вертикальная стойка 7, закрепленная на плоском основании. На стойке с помощью трубки винтами крепится датчик 11. Стойку можно перемещать по столешнице вдоль линейки, которая закреплена на столешнице.

Водяная помпа 6, душ 3, емкость с водой 5 служат для создания водяной завесы совместно со стеклянным экраном. Душ крепится к столешнице на двух стойках 4.

На столешнице установлен удлинитель для подключения к электросети камина, воздушной помпы, измерителя плотности теплового потока.

Сменные экраны имеют один типоразмер. Металлические экраны выполнены из листового металла и имеют направляющие для установки в стойках. Цепной и брезентовый экраны выполнены в виде металлических рамок, в которых закреплены стальные цепи или брезент.

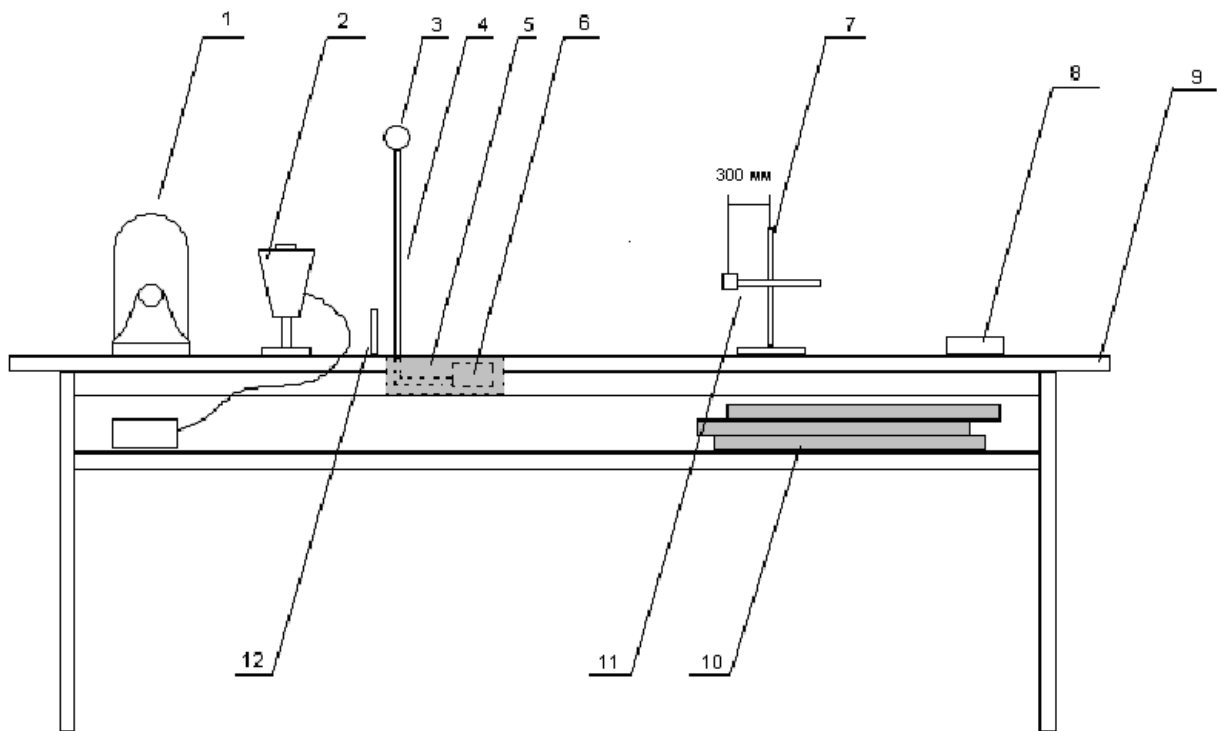


Рис. 3.1. Внешний вид стенда: 1 – электрокамин; 2 – воздушная помпа; 3 – душ; 4 – стойка душа; 5 – емкость с водой (в данной работе не используется); 6 – водяная помпа (в данной работе не используется); 7 – стойка для датчика; 8 – блок индикаторов; 9 – столешница; 10 - сменные защитные экраны; 11 – датчик измерителя плотности теплового потока ИПП-2М; 12 – стойки для сменных экранов

2.2 Последовательность выполнения лабораторной работы

Ознакомьтесь с мерами безопасности при проведении лабораторной работы и строго выполнять их.

Подготовить таблицы для занесения результатов измерений (табл. 3.2, 3.3).

Подключить удлинитель к сети переменного тока, электрокамин, воздушную помпу, измеритель плотности теплового потока – к розеткам удлинителя.

Включить источник теплового излучения (электрокамин) так, чтобы была задействована только одна спираль нагрева (выключатель на корпусе камина в положении «выкл.»), выждать 2-3 мин для полного нагрева спирали, датчик измерителя плотности теплового потока (имеет вид конусной спирали) следует подключить к блоку индикации, измеритель плотности теплового потока включить в сеть.

Установить датчик измерителя 11, закрепляя в штативе рукоятку датчика, чтобы он был смещен относительно стойки 7 примерно на 30 см (по направлению к источнику теплового излучения), по высоте расположить датчик на расстоянии 10-15 см от столешницы – см. рис. 1. Включить измеритель кратковременным нажатием кнопки «выбор» - прибор находится в режиме измерения плотности теплового потока.

Вручную перемещать штатив вдоль линейки, устанавливая датчик на различном расстоянии от источника теплового излучения с шагом 5 см, и выполнять замеры интенсивности теплового излучения в этих точках. Данные замеров занести в табл. 3.2.

Определить эффективность экранирования ИК-излучения с помощью экранов из различного материала. Для этого:

- подключить вторую спираль на электрокамине (переключатель на корпусе камина в положение «вкл.»), выждать 2-3 мин;

- разместить датчик на расстоянии 60 см от источника (по линейке), выполнить замер интенсивности ИК-излучения без применения экранов;

- поочередно устанавливая защитные экраны из различного материала, выполнять замеры интенсивности теплового излучения. При работе с экранами из листовой стали необходимо подключить воздушную помпу и направить поток воздуха под некоторым углом в центр экрана для отвода тепла от самого нагревающегося экрана;

- результаты замеров занести в табл. 3.3;

- выполнить расчет эффективности защитных экранов по формуле (3.2).

Определить, как меняется температура в зоне действия источника ИК-излучения при действии воздушной завесы. Для этого:

- отключите измеритель плотности теплового потока кратковременным нажатием кнопки «выбор», отсоедините от блока индикации датчик плотности теплового потока;

- присоедините к блоку индикации температурный датчик, включите измеритель кратковременным нажатием кнопки «выбор»;

- выполните настройку измерителя для определения температуры, для чего кратковременно нажмите кнопку «>>», индикация на блоке подтвердит переход в режим измерения температуры символами «-tt-»;

- поместите температурный датчик на высоте воздушного потока из воздушной помпы (10 см от столешницы) и на расстоянии 50 см от камина (по линейке), измерьте температуру (следует дождаться стабилизации показаний прибора – примерно в течение 1-1,5 мин);

- включите воздушную помпу и направьте поток воздуха на датчик, выполните измерение температуры при применении воздушной завесы (также

следует дождаться стабилизации показаний прибора (1-1,5 мин)), запишите показания прибора.

Отключите электрокамин, измеритель плотности теплового потока, воздушную помпу.

2.3. Указания по подготовке отчета

В отчет о лабораторной работе должны войти: название и цель лабораторной работы, схема лабораторного стенда, данные измерений и расчетов (табл. 3.2,3.3), график изменения интенсивности ИК-излучения в зависимости от расстояния, выводы по лабораторной работе.

4. Выводы

Выполните расчеты, постройте график изменения интенсивности ИК-излучения от расстояния, сравните экспериментальную зависимость с аналитической, сделайте вывод об эффективности экранирования и воздушного душирования при воздействии теплового излучения. Сравните измеренные уровни с ПДУ для данного вида излучения.

5. Требования к технике безопасности при проведении работы

Работа выполняется бригадой студентов в количестве не более двух человек.

К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством и принципом действия лабораторного стенда, мерами безопасности при проведении лабораторной работы.

Запрещается использовать воздушную помпу более 30 мин непрерывно.

Не допускается работа с металлическим экраном более 5 мин.

Запрещается прикасаться к электронагревательному элементу электрокамина.

Смену экранов необходимо проводить в теплоизоляционных перчатках.

6. Форма отчета

Форма отчета по лабораторной работе представлена в табл. 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2

Зависимость интенсивности ИК-излучения от расстояния до источника

Номер измерения	Расстояние, см	Интенсивность ИК-излучения, Вт/м ²
1	50	
2		
...		
n	80	

Определение эффективности экранирования

Материал защитного экрана	Интенсивность ИК-излучения, Вт/м ²	Эффективность экранирования
Без экранирования		
Стальной лист (светлый)		
Стальной лист (темный)		
Цепная завеса		
Брезентовый экран		

7. Вопросы для контроля готовности к выполнению работы

1. Каким соотношением связаны расстояние от источник ИК-излучения и интенсивность излучения?
2. В чем разница воздействия на организм излучения от источников «темного», «белого» и «красного» свечения?
3. Как определяется эффективность средств защиты от ИК-излучения?
4. Когда возможна отдача человеческим телом тепла во внешнюю среду за счет излучения?
5. При какой длине волны инфракрасного излучения возможно возникновение теплового удара и каковы его симптомы?
6. Назовите элементы рационального режима труда и отдыха в горячих цехах.

8. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

1. Назовите основные источники теплового излучения в промышленности.
2. В чем причина биологического воздействия теплового излучения на организм человека?
3. Какого рода биологические эффекты наблюдаются при поглощении телом энергии ИК-излучения?
4. От чего зависит количество лучистого тепла поглощаемого телом человека?
5. Какими способами осуществляется теплообмен человека с окружающей средой?
6. Как ограничена температура нагретых поверхностей оборудования в рабочей зоне?
7. Назовите виды коллективных средств защиты от ИК-излучения.
8. Какие типы экранов вы знаете и каков принцип их действия?

9. Как определить эффективность защиты от теплового излучения?
10. Перечислите средства индивидуальной защиты от ИК-излучения.

Литература: [1-3].

Лабораторная работа 4

Тема: Исследование освещенности рабочих мест

Цель: Изучение требований к производственному освещению, методов расчета и контроля освещенности, ознакомление с устройством и правилами применения люксометров, исследование освещенности и построение графиков изолукс для заданных светильников.

Используемое оборудование и материалы: лабораторный стенд, люксометры: Ю-116, Ю-117, «Аргус»-01

1. Теоретическая часть

Обеспечение рационального естественного и искусственного освещения является важным направлением деятельности по созданию благоприятных условий труда, исключающих утомляемость зрения, опасность травмирования, снижение работоспособности. Освещенность рабочих мест непосредственно связана с производительностью труда. Известно, что при выполнении точных зрительных работ рост освещенности с 50 до 100 лк позволяет повысить производительность труда до 25%. При выполнении работ, не связанных со зрительным напряжением, увеличение освещенности с 50 до 300 лк способствует росту производительности труда на 5-8%.

К производственному освещению предъявляются следующие требования:

- освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеристике зрительной работы, которая определяется наименьшим размером объекта различения, характеристикой фона и контрастом объекта различения с фоном;
- на рабочей поверхности должна отсутствовать прямая и отраженная блескость;
- величина освещенности должна быть постоянной во времени;
- оптимальная направленность светового потока, оптимальный спектральный состав света, обеспечивающий требуемую цветопередачу;
- все элементы осветительной установки должны быть достаточно долговечными, электробезопасными, простыми и удобными в эксплуатации, отвечать требованиям эстетики, пожарной безопасности, взрывобезопасности.

Освещение характеризуется качественными и количественными показателями.

К основным качественным показателям относятся коэффициент пульсации, показатель ослепленности, спектральный состав света.

Коэффициент пульсации – критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока

$$k_n = \frac{100(E_{\max} - E_{\min})}{2E_{\text{cp}}} \%, \quad (4.1)$$

где E_{\max} , E_{\min} , E_{cp} – максимальное, минимальное и среднее значение освещенности за период колебаний, лк; для газоразрядных ламп $k_n = 25-65\%$, для ламп накаливания $k_n = 7\%$.

Показатель ослепленности характеризует распределение яркости в поле зрения при наличии блёского источника.

К основным количественным показателям освещения относят величину освещенности (люксы), яркость светящихся поверхностей (канделлы/м²), силу света (канделлы) и световой поток (люмены).

Освещение производственных помещений обеспечивается как за счет естественного освещения, создаваемого светом неба (прямым и отраженным), так и искусственного, осуществляемого электрическими лампами. Кроме того, используется и совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным. Следует иметь в виду, что отсутствие или недостаток естественного освещения является вредным производственным фактором.

Естественное освещение обеспечивается устройством окон (боковое освещение), световых фонарей (верхнее освещение) или одновременным устройством окон и фонарей (комбинированное освещение). Естественное освещение изменяется в широких пределах в зависимости от времени суток и метеоусловий. Поэтому в качестве нормируемой величины для естественного освещения помещений используется относительная величина – коэффициент естественной освещенности (КЕО).

$$\text{КЕО} = \frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100\%, \quad (4.2)$$

где $E_{\text{в}}$ – освещенность в данной точке внутри помещения, лк; $E_{\text{н}}$ – одновременно замеренная наружная горизонтальная освещенность, создаваемая светом всего небосвода, лк.

Если в каком-либо помещении коэффициент естественной освещенности меньше 0,1 от нормативного значения, то установлено, что в таком помещении естественное освещение отсутствует.

Естественная и искусственная освещенности для производственных и вспомогательных помещений предприятий и организаций нормируются в строительных нормах и правилах (Свод правил СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*) с учетом точности выполняемых зрительных работ и типа освещения. Нормы

освещенности приводятся также в многочисленных отраслевых правилах по охране труда.

Расчет естественного освещения заключается в определении необходимой площади световых проемов, обеспечивающих нормированное значение КЕО.

Искусственное освещение осуществляется с помощью осветительных приборов, состоящих из источников света и светотехнической арматуры. В качестве источников света используют лампы накаливания и газоразрядные лампы. Последние отличаются высокой световой отдачей, достигающей 75 лм/Вт, что в несколько раз больше, чем у ламп накаливания. Главным недостатком газоразрядных ламп является безынерционность, что может приводить к появлению пульсации светового потока. В результате при рассмотрении быстро вращающихся или движущихся деталей наблюдается стробоскопический эффект, что повышает опасность травматизма.

Данные о некоторых лампах накаливания общего назначения приведены в табл. 4.1. Срок их службы – 1000 ч.

Для сравнения в нижних двух строках табл. 4.1. имеются данные по люминесцентным лампам с улучшенной цветопередачей. Срок их службы 12-15 тыс.ч.

Осветительные приборы ближнего действия называют светильниками, дальнего действия – прожекторами.

Основными светотехническими характеристиками светильников являются кривые силы света; соотношение световых потоков, излучаемых в нижнюю и верхнюю полусферы; коэффициент полезного действия; защитные углы. Кривые силы света показывают распределение световой энергии в пространстве. Защитный угол характеризует степень возможного ограничения слепящего действия источников света и представляет собой угол между горизонталью, проведенной через нить накала (поверхность лампы), и линией, соединяющей нить накала (поверхность лампы) с краем отражателя. Коэффициент полезного действия равен отношению фактического светового потока светильника к световому потоку установленной в нем лампы.

Выбор светильников для освещения производственных помещений основывается на учете светотехнических, экономических, эстетических требований, а также требований, связанных с условиями среды, электробезопасностью. Для освещения пыльных помещений используются светильники типа ППД2, УП24, ПВЛП и др. Для взрывоопасных помещений применяют взрывозащищенные светильники, например, типа ВЗГ.

Таблица 4.1

Данные ламп накаливания и люминесцентных ламп

№ п/п	Тип лампы	Мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм
1	Биспиральные газонаполненные		
	Б220-25	25	220
	220-235-40	40	300
	Б220-40	40	400
	220-235-60	60	550
	Б220-60	60	715
	Б220-75	75	950
	220-235-100	100	1090
	Б220-100	100	1350
	Б220-235-150	150	1840
	Б220-150	150	2100
	Б220-235-200	200	2540
	Б220-200	200	2920
2	Биспиральные криптоновые		
	БК220-40	40	460
	БК220-60	60	790
	БК220-75	75	1020
	БК220-100	100	1450
3	Газонаполненные		
	Г220-150	150	2000
	Г220-200	200	2800
	Г220-300	300	4600
4	Люминесцентные лампы		
	ЛД15-4	15	590
	ЛБ15-4	15	760
	ЛД20-4	20	920
	ЛБ20-4	20	1180
	ЛД30-4	30	1640
	ЛБ30-4	30	2100
	ЛД40-4	40	2340
	ЛБ40-4	40	3000
	ЛД65-4	65	3570
	ЛБ65-4	65	4550
	ЛД80-4	80	4070
	ЛБ80-4	80	5220
	ЛДЦ 30-4	30	1450
	ЛДЦ 40-4	40	2100
	ЛДЦ 65-4	65	3050

По назначению системы искусственного освещения делят на рабочие, аварийные, эвакуационные и специальные (охранные, дежурные и др.). Рабочее освещение может быть местным, общим или комбинированным, при котором, кроме общего, устраивается также местное освещение рабочего места.

Следует помнить, что применение одного местного освещения не допускается. Общее освещение должно составлять не менее 10 % от нормы для комбинированного освещения.

Для рабочих поверхностей в производственных помещениях нормы освещенности устанавливаются с учетом: 1) разряда зрительной работы, определяем по размеру объекта различения, мм, контрасту объекта различения с фоном, характеристике фона; 2) вида освещения (комбинированное или одно общее). Нужно помнить, что эти нормы устанавливают наименьшую освещенность, которая должна иметь место в «наихудших» точках освещаемой поверхности. При повышенной опасности травматизма значения освещенности увеличиваются на одну ступень по использованной в СП 52.13330.2011 шкале, если исходная норма для общего освещения составляет не более 200 лк. Нормы освещенности увеличиваются также и в некоторых других случаях.

Согласно СП 52.13330.2011 фон – это поверхность, на которой рассматривается объект различения. Фон считается светлым, если коэффициент отражения поверхности больше 0,4, если он составляет 0,2-0,4, то фон средний, и если коэффициент отражения менее 0,2, то фон темный.

Контраст объекта с фоном – степень различения объекта на фоне (большой, средний, малый).

Аварийное освещение рабочих мест, требующих обслуживания при аварийном режиме, должно составлять 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк – внутри зданий и не менее 1 лк – для площадок предприятий.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступеньках лестниц; в помещениях – 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк.

По СП 52.13330.2011 аварийное и эвакуационное освещение – это виды освещения безопасности.

Задачей расчета искусственного освещения является определение потребной мощности осветительной (числа светильников) установки для создания в производственном помещении заданной освещенности.

Расчет искусственного освещения включает:

выбор типа источника света;

выбор системы освещения (общее или комбинированное, локальное и др.);

выбор типа светильников и их размещение (рядами, в шахматном порядке, в углах квадратов, прямоугольников);

определение норм освещенности (из СП 52.13330.2011, ведомственных нормативных документов, например, Санитарных правил для судов);

выбор метода расчета и производство расчетов.

В настоящее время используются следующие методы расчета искусственного освещения: метод коэффициента использования светового потока, метод удельной мощности, точечный метод, различные методы расчета прожекторного освещения.

Методы коэффициента использования и удельной мощности применимы для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей. Точечный метод используется для расчета освещения различным образом расположенных поверхностей, но при этом методе отраженная составляющая освещенности учитывается слабо.

По точечному методу рассчитывается освещение открытых пространств (территории предприятий, открытые палубы судов), местное освещение. Использование метода предполагает наличие кривых силы света, либо кривых пространственных изолукс, строящихся по результатам замеров силы света, либо освещенности в различных направлениях пространства и на различных расстояниях от светильника.

При расчете освещения по методу коэффициента использования может применяться формула

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot Z}{n \cdot F \cdot U_{\text{св.п.}}}, \quad (4.3)$$

где N – искомое число светильников; E_n – заданная минимальная освещенность (берется из СП 52.13330.2011 или других нормативных документов); S – площадь помещения, м²; k – коэффициент запаса (берется из справочников); Z – коэффициент неравномерности освещения, вычисляемый по отношению $Z = E_{\text{ср}} / E_{\text{мин}}$. Для ламп накаливания $Z = 1,15$, для люминесцентных ламп $Z = 1,1$ – при расположении светильников в линию, n – число источников света в светильнике; F – световой поток одного источника света, лм; $U_{\text{св.п.}}$ – коэффициент использования светового потока лампы.

Коэффициент $U_{\text{св.п.}}$ зависит от типа светильников, коэффициентов отражения поверхностей помещения и индекса i , определяемого как

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p (A + B)}, \quad (4.4)$$

где A – длина помещения, м; B – ширина помещения, м; h_p – расчетная высота м.

Величина h_p равна:

$$h_p = H - (h_c + h), \quad (4.5)$$

где H – высота помещения, м; h_c – расстояние светильников от потолка (свес), м; h – высота расположения плоскости нормирования освещенности (расчетной поверхности) над уровнем пола. Обычно $h = 0,8$ м.

При расчете люминесцентного освещения под N иногда понимается число рядов светильников, а под n – число источников света в одном ряду, которое определяется заранее, исходя из размеров светильников и помещений.

При точечном методе расчета освещенность в данной точке рабочей зоны может быть рассчитана по формуле

$$E = \frac{I_\alpha \cdot \cos^2 \alpha}{k \cdot h_p^2} \cdot \frac{F}{1000}, \quad (4.6)$$

где I_α – сила света в направлении к данной точке рабочей поверхности, кд. Кривые силы света обычно строятся для стандартной лампы со световым потоком 1000 лм; h_p – высота размещения светильника над расчетной точкой, м; α – угол между лучом и нормалью к рабочей поверхности; k – коэффициент запаса. Он изменяется в пределах 1,15 – 1,7 для ламп накаливания и 1,3 – 2,0 для люминесцентных ламп.

Данные о распределении силы света для различных светильников приводятся в специальной литературе [5], [6]. При необходимости расчета освещенности, создаваемой несколькими светильниками в какой-либо точке, подсчитывают освещенность от каждого из них, а затем полученные значения складывают.

Следует иметь в виду, что точечными могут считаться только светильники, размеры светящихся поверхностей которых не превышают 0,2 расстояния до освещаемой точки, т. е. в 5 раз меньше этого расстояния.

При отсутствии данных о распределении силы света I_α , но при наличии графиков пространственных изолюкс определение освещенности в точке можно выполнить по формуле [1], [5], [6]

$$E = \frac{n \cdot F \cdot \mu \cdot \sum e_i}{1000 \cdot k}, \quad (4.7)$$

где μ – коэффициент, равный 1,0 – 1,3; он учитывает увеличение освещенности за счет действия удаленных светильников; $\sum e_i$ – сумма условных горизонтальных освещенностей от светильников, которые светят в данную точку.

Величина e_i определяется из графиков пространственных изолюкс, которые строятся в координатах h_p и d , где h_p – высота светильника над освещаемой точкой, d – проекция расстояния от светильника до освещаемой точки на расчетную плоскость.

Метод удельной мощности является наиболее простым, но и наименее точным, поэтому применяется только при ориентировочных расчетах. Он поз-

воляет определить мощность каждой лампы $P_{л}$ для создания в помещении нормируемой освещенности:

$$P_{л} = \frac{p \cdot S}{N \cdot n} \text{ Вт}, \quad (4.8)$$

где p – удельная мощность, Вт/м², выбирается из специальных таблиц, составленных для разных светильников, в зависимости от высоты h_p , коэффициентов отражения поверхностей помещения, площади помещения S и требуемой освещенности E_n ; S – площадь помещения, м²; N – число светильников; n – число ламп в одном светильнике.

Если мощность лампы $P_{л}$ уже известна, то формула (4.8) может быть записана относительно числа светильников, т. е.

$$N = \frac{P \cdot S}{P_{л} \cdot n} \text{ ед.} \quad (4.9)$$

Системы искусственного и естественного освещения нуждаются в регулярном контроле и уходе. В зависимости от степени запыленности помещений световые проемы и светильники подвергаются чистке от двух до двенадцати раз в год, не реже одного раза в год осуществляются контрольные замеры освещенности. Основными приборами для измерения как искусственной, так и естественной освещенности являются объективные люксометры, например Ю-116, Ю-117, «Аргус»-01. Важно отметить, что уменьшение освещенности до 50 % ее нормированного значения приводит к снижению производительности труда в среднем на 3-10%. Возрастает зрительное утомление и снижается качество продукции.

Согласно инструкциям на предприятиях должны быть инженерно-технические работники, отвечающие за состояние искусственного освещения: при общей потребляемой мощности 250 – 750 кВт – один техник-светотехник, 750 – 2000 кВт – один инженер-светотехник, более 2000 кВт – светотехническая группа в составе инженера и техника. Указанные специалисты составляют графики ремонтов и контрольных осмотров систем освещения, режимы и способы очистки осветительных приборов, замены перегоревших источников света. Если на предприятии, в учреждении число установленных осветительных приборов составляет более 4 тыс. шт., то рекомендуется иметь светотехническую мастерскую площадью 150 – 200 м².

Следует помнить, что отработанные люминесцентные лампы содержат от 60 до 120 мг ртути. Поэтому запрещается бесконтрольное хранение перегоревших ламп, вывоз их на свалки. Они должны обезвреживаться и утилизироваться на специальных установках.

2. Алгоритм опыта (эксперимента) и обработки данных

2.1. Лабораторную работу выполняет группа в количестве не более двух человек.

2.2. Перед началом выполнения работы изучите полностью настоящие указания и устройство лабораторного стенда – см. рис. 4.1. Получите у преподавателя вариант выполнения работы, подготовьте таблицу (см. табл. 4.2) для записи результатов эксперимента. При выполнении лабораторной работы используется объективный люксметр Ю-116 (см. рис. 4.2) или «Аргус»-01 и лабораторная установка – стенд для исследования освещенности, изображенный на рис. 4.1.

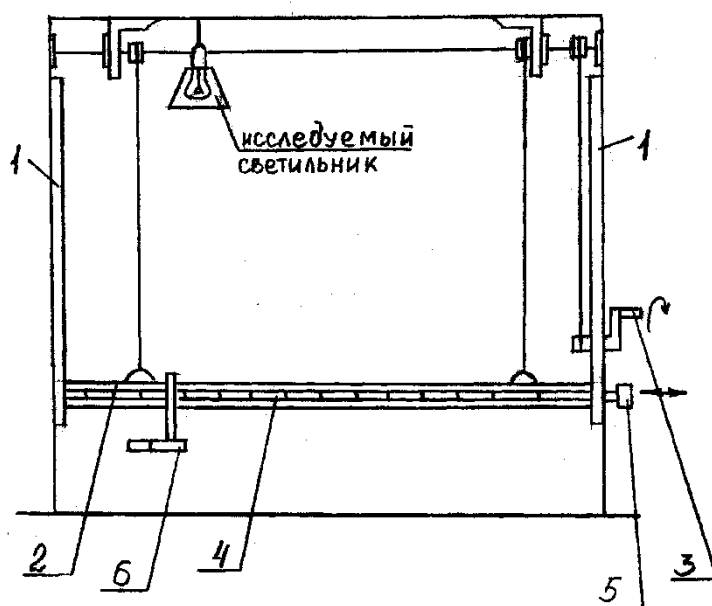


Рис. 4.1. Схема лабораторной установки – стенда для исследования освещенности

Стенд представляет собой шкаф, окрашенный изнутри черной краской, и показан на рис. 4.1 со снятой передней стенкой, состоящей из двух подвижных шторок.

В верхней части шкафа подвешиваются исследуемые светильники. Установка включает вертикальные направляющие 1, в которых перемещается подвижная рамка 2. Перемещение рамки осуществляется через тросиковую систему вращением рукоятки 3, снабженной стопором для удерживания рамки в определенном положении.

На рамке 2 укреплена мерная линейка 4, которая может перемещаться вдоль рамки с помощью ручки 5. На подвижной линейке 4 предусмотрена полочка 6, на которую при выполнении лабораторной работы устанавливается фотоэлемент люксметра.

Люксметр Ю-116 состоит из селенового фотоэлемента 1 – см. рис. 4.2, миллиамперметра 2 и работает на принципе измерения фототока, который возникает в цепи фотоэлемента при падении на него светового потока. Сила фототока измеряется миллиамперметром, шкала которого проградуирована непосредственно в люксах.

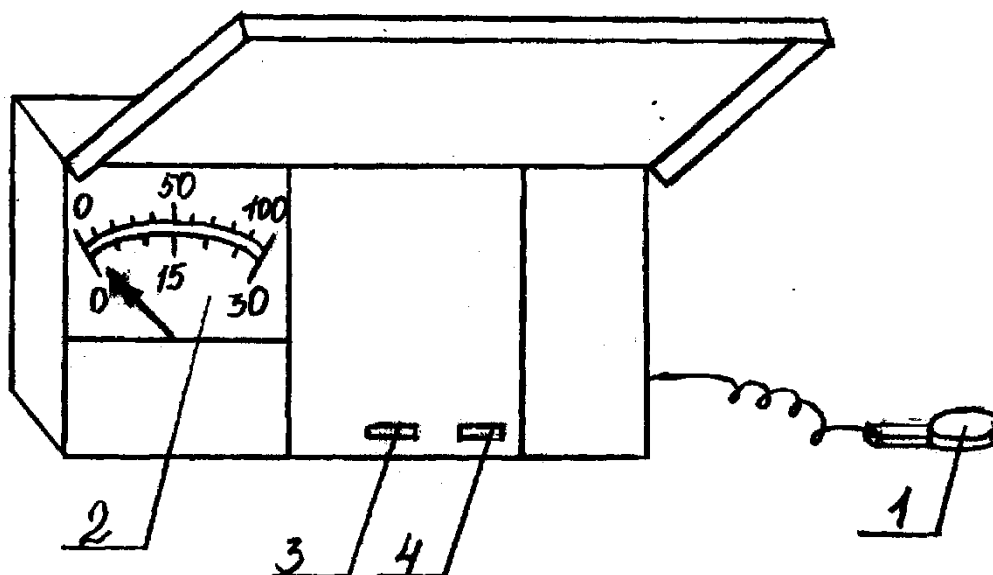


Рис. 4.2. Объективный люксметр Ю-116

Люксметр Ю-116 имеет две шкалы освещенности: 0-30 и 0-100. Переключение шкал производится нажатием кнопок 3, 4, расположенных на корпусе миллиамперметра 2.

Применение различных светофильтров расширяет диапазон этих шкал в 10, 100, 1000 раз. Измерение освещенности начинают с применения более грубой шкалы. При необходимости можно перейти на шкалу, по которой освещенность может быть определена более точно.

В процессе измерения экран фотоэлемента люксметра располагают в плоскости рабочего места или в другой, например, вертикальной плоскости, в которой исследуется уровень освещенности. Далее подбирают необходимую шкалу и производят отсчет.

2.3. Последовательность выполнения работы

В процессе работы исследуется распределение в пространстве освещенности, создаваемой различными светильниками, строятся графики изолюкс для заданного светильника, которые используются при расчете освещения по точечному методу – см. формулу (4.7).

2.3.1. Откройте шторы стенда, установите внутри стенда образец светильника, указанный в задании. Подключите его к сети. Наборы светильников

размещены справа от стенда. Перемещая вправо или влево ручку 5 (см. рис. 4.1), установите фотоэлемент люксметра под центром исследуемого светильника. Такому положению фотоэлемента соответствует горизонтальная координата, равная нулю. Значение этой координаты нанесено на мерной линейке 4.

2.3.2. Включите светильник, закройте шторы стенда и нажмите кнопку 4 люксметра – см. рис. 4.2. Если стрелка прибора отклоняется незначительно, то переходите на нижнюю шкалу – нажмите кнопку 3.

2.3.3. Вращением рукоятки 3 установите нужную координату по вертикали (расстояние от светильника до фотоэлемента). Начните со значения координаты $h = 0,3$ – см. табл. 4.2. Застопорите рукоятку 3. Перемещая ручку 5 вправо, произведите замеры освещенности через каждые 0,1 м. Данные запишите в табл. 4.2. Вращением рукоятки 3 установите вертикальную координату $h = 0,4$ и, перемещая ручку влево, т.е. в обратном направлении, произведите вновь замеры освещенности через каждые 0,1 м. Повторите указанные действия для $h = 0,5; 0,6; 0,7; 0,8$ м. Заполните табл. 4.2.

2.3.4. По данным табл. 4.2 постройте графики пространственных изолюкс. С этой целью для каждой высоты h постройте кривые $E = f(d)$ – см. рис. 4.3. Затем на этом же графике проведите несколько горизонтальных прямых так, чтобы они пересекали не менее двух-трех кривых $E = f(d)$. Перенесите точки пересечения этих прямых с кривыми $E = f(d)$ в нижнюю часть рисунка. Координата h в этой части рисунка должна соответствовать высоте h , для которой построена кривая $E = f(d)$, пересеченная в данной точке прямой. Полученные точки на рисунке соедините кривой. Таким образом должно быть построено не менее 4-5 графиков пространственных изолюкс.

2.3.5. Используя полученные графики пространственных изолюкс, рассчитайте необходимый световой поток и требуемую электрическую мощность лампы с учетом обеспечения нормативной горизонтальной освещенности на некотором условном рабочем месте с использованием данных, указанных в табл. 4.3.

Расчет нужно выполнять по следующей формуле, которая вытекает из выражения (4.7):

$$F = (F_{\text{и}} \cdot E_{\text{н}} \cdot K) / e, \quad (4.10)$$

где F - необходимый световой поток для получения нормативной освещенности $E_{\text{н}}$ на рабочем месте; K – коэффициент запаса ; e – условная горизонтальная освещенность, определяемая по полученным в работе графикам изолюкс для заданных значений d и h ; $F_{\text{и}}$ – световой поток лампы в исследованном светильнике, лм.

Значение $F_{\text{и}}$ берут из табл. 4.2, значение $E_{\text{н}}$, k , d , h – из табл. 4.3.

Зная F , по табл. 4.1 подбирают ближайшее значение электрической мощности лампы указанного типа (Б или БК). Выбранный тип лампы приводят в отчете.

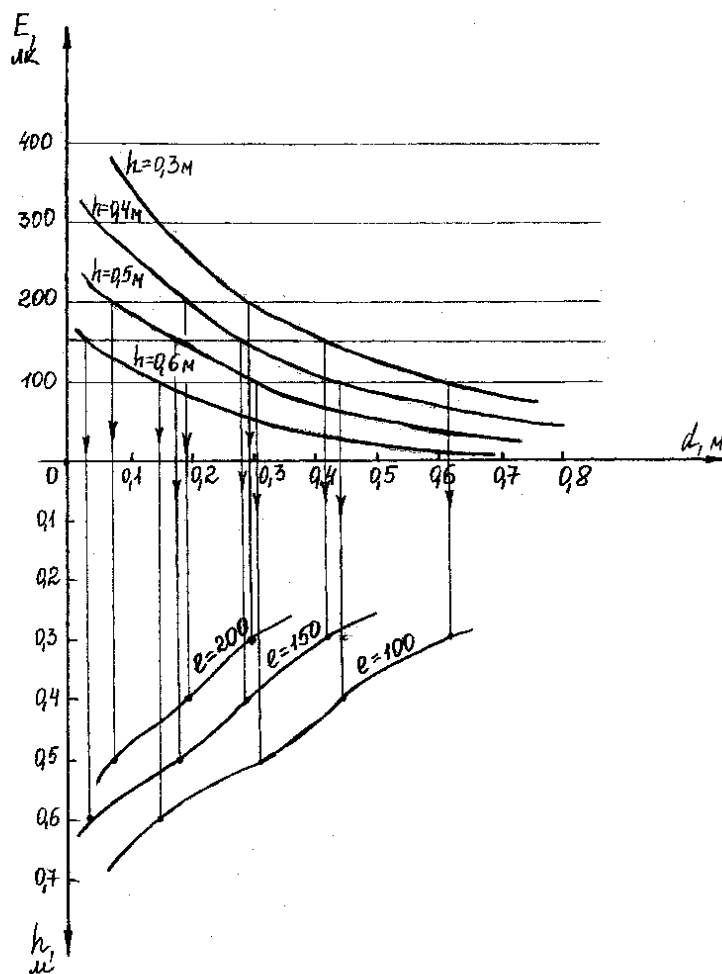


Рис. 4.3. Пример построения графиков изолюкс

2.3.6. Используя данные табл. 4.2, для указанного преподавателем значения высоты h рассчитайте среднее значение освещенности

$$E_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}, \text{ где } n = 7 \text{ (7 точек замеров).}$$

Ориентируясь на это значение освещенности и табл. 4.4, укажите характеристику зрительной работы, наименьший размер объекта различения и какому разряду и подразряду зрительной работы соответствуют те работы, которые можно выполнять при этом значении освещенности.

Таблица 4.3

Исходные данные для расчета горизонтальной освещенности на условном рабочем месте

Номер варианта	Тип лампы накаливания	Нормативная освещенность, E_n , лк	Коэффициент запаса k	Координата по горизонтали d , м	Координата по вертикали h , м
1	Б	400	1,15	0,35	0,35
2	Б	400	1,2	0,40	0,30
3	Б	300	1,3	0,25	0,35
4	БК	200	1,7	0,25	0,30
5	БК	200	1,4	0,35	0,40
6	БК	300	1,5	0,40	0,35
7	Б	150	1,3	0,30	0,30
8	Б	150	1,2	0,25	0,35
9	БК	200	1,7	0,35	0,40
10	БК	300	1,15	0,25	0,40

Таблица 4.4

Нормируемые значения общей освещенности, лк
(извлечения из СП 52.13330.2011)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта освещения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Общее освещение
1	2	3	4	5	6	7
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый (М)	Темный (Т)	-
			б	Малый Средний (СР)	Средний (СР) Темный	750 600
			в	Малый Средний Большой (Б)	Светлый (СВ) Средний Темный	500 500 400
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	300 300 200

Продолжение табл.4.4

1	2	3	4	5	6	7
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	a	М	Т	500
			б	М	СР	300
				СР	Т	200
			в	М	СВ	300
СР Б	СР Т	300 200				
г	СР	СВ	200			
	Б Б	СВ СР	200 200			
Средней точности	Св. 0.5 до 1,0	IV	a	М	Т	300
			б	М	СР	200
				СР	Т	200
			в	М	СВ	200
СР Б	СР Т	200 200				
г	СР	СВ	200			
	Б Б	СВ СР	200 200			
Малой точности	Св. 1 до 5	V	a	М	Т	300
			б	М	СР	200
				СР	Т	200
			в	М	СВ	200
СР Б	СР Т	200 200				
г	СР	СВ	200			
	Б Б	СВ СР	200 200			
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	-	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	200	
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	-	То же	200	

Общее наблюдение за ходом производственного процесса:					
постоянное		VIII	а	То же	200
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б	То же	75
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении		VIII	в	То же	50
общее наблюдение за инженерными коммуникациями			г	То же	20

2.4. Указания по подготовке отчета

Отчет оформляется индивидуально каждым студентом в тетради школьного формата или на двойном тетрадном листе и должен содержать:

2.4.1. Цель работы, краткое описание лабораторной установки и хода работы.

2.4.2. Табл. 4.2 с результатами замеров освещенности и другими данными: расчет средней освещенности $E_{ср}$ для заданной высоты h .

2.4.3. Графики пространственных изолукс светильника по форме рис. 4.3.

3. Выводы

В отчете следует выполнить расчет необходимого светового потока F и дать все необходимые пояснения по определению электрической мощности лампы, которая может обеспечить нормативное значение освещенности E_n на заданном уровне рабочем месте.

Указать характеристику зрительной работы: наименьший размер объекта различения, разряд и подразряд зрительной работы, соответствующие среднему значению освещенности $E_{ср}$.

4. Требования к технике безопасности при проведении работы

Не касайтесь электрических проводов лабораторного стенда, осветительной арматуры.

Запрещается выворачивать источники света из исследуемых светильников.

Будьте осторожны при считывании информации с исследуемых светильников, при подвешивании светильников внутри стенда.

5. Форма отчета

Форма отчета по лабораторной работе представлена в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Результаты замеров освещенности для построения графиков пространственных изолукс светильника

Но- мер, тип иссле- сле- дуе- мого све- тиль- ника	Тип источ точ- ника света	Элек- триче- сая мощ- ность источ точ- ника света	Све- то- вой по- ток источ точ- ника, лм	Коор- дината h по верти- кали, м	Координата d по горизонтали, м							
					0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
					Освещенность E, лк							
				0,3								
				0,4								
				0,5								
				0,6								
				0,7								
				0,8								

6. Вопросы для контроля готовности к выполнению работы

1. В каких единицах измеряется величина светового потока?
2. Каков правильный вариант записи формулы для расчета коэффициента естественной освещенности помещений (КЕО)?
3. Что указывает последняя группа цифр (после тире) в обозначении типа лампы накаливания?
4. Как определяется уровень аварийной освещенности рабочих мест?
5. Каково минимальное значение эвакуационного освещения внутри помещения?
6. При каком методе расчета искусственного освещения необходимы графики пространственных изолукс светильников?
7. Какие графики должны быть построены по итогам замеров освещенности?

8. Что необходимо получить в результате расчетов по данной лабораторной работе?

9. При какой общей мощности, потребляемой системами освещения, предприятию рекомендуется иметь техника по освещению?

10. Через какое расстояние по горизонтали и вертикали должна измеряться освещенность при выполнении лабораторной работы.

7. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

1. Назовите основные светотехнические величины и единицы их измерения.

2. Перечислите основные требования к системам производственного освещения.

3. Дайте определение коэффициента естественной освещенности. В каких нормативных документах содержатся требования к численным значениям этого коэффициента?

4. Каковы основные светотехнические характеристики светильников?

5. Какие факторы принимаются во внимание при назначении норм освещенности?

6. В каких документах содержатся нормы искусственной освещенности производственных помещений судов и береговых предприятий?

7. Какие требования предъявляются к уровню аварийной и эвакуационной освещенности?

8. Назовите методы расчета искусственного освещения и определите области их применения.

9. При каком методе расчета искусственного освещения используются графики пространственных изолукс светильников?

10. Назовите приборы для измерения освещенности и расскажите об их устройстве?

11. От чего зависит коэффициент использования светового потока?

12. Что понимается под коэффициентом полезного действия светильника?

Литература: [1, 2, 5, 6].

Лабораторная работа 5

Тема: Исследование производственного шума и звукоизолирующей способности некоторых конструкций

Цель: Изучение шумомерической аппаратуры, методик замеров уровней шума, ознакомление с порядком нормирования производственных шумов. Определение экспериментальным и расчетным путем звукоизолирующих свойств некоторых материалов и конструкций.

Используемое оборудование и материалы:

лабораторный стенд с источником промышленного шума, комплексный прибор – измеритель шума и вибрации типа ВШВ-003-М2.

1. Теоретическая часть

Промышленный шум – это совокупность звуков разной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени, возникающих в производственных условиях и вызывающих у работающих неприятные субъективные ощущения. Органы слуха человека воспринимают звуки, имеющие диапазон частот от 20 Гц до 20 кГц, звуковое давление – от $2 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^2$ Па, интенсивность – от 10-12 Вт/м² до 1 Вт/м² на частоте 1000 Гц. Таким образом, отношение верхних и нижних значений звуковых давлений и интенсивностей составляет соответственно 10⁷ и 10¹². Использование таких изменяющихся в больших пределах величин на практике неудобно, поэтому в акустике для количественной оценки шумов принято пользоваться относительной логарифмической шкалой уровней, согласно которой уровень интенсивности звуков рассчитывается как

$$L_J = \lg \frac{J}{J_0} \text{ Б или } L_J = 10 \lg \frac{J}{J_0} \text{ дБ,} \quad (5.1)$$

а уровень звукового давления

$$L_P = \lg \frac{P^2}{P_0^2} \text{ Б или } L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0} \text{ дБ,} \quad (5.2)$$

где Б – бел, дБ – децибел; 1Б = 10 дБ; J_0 , P_0 – пороговые значения интенсивности звука и звукового давления. На частоте 1000 Гц $J_0 = 10\text{-}12$ Вт/м², $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па; J , P - интенсивность звука и звуковое давление в исследуемой точке.

Следует помнить, что интенсивность и звуковое давление связаны с формулой

$$J = \frac{P^2}{\rho \cdot c}, \quad (5.3)$$

где $\rho \cdot c$ – удельное акустическое сопротивление среды, которое для воздуха равно 410 Н·с/м³.

Зная P , всегда можно по формуле (5.3) рассчитать интенсивность звука и наоборот.

Шкала децибел очень удобна для оценки шумов, поскольку весь слышимый диапазон звуков укладывается в пределах от 0 до 140 дБ. Кроме того, 1 дБ – это минимальный прирост силы звука, различаемый ухом человека.

Звуковое давление и интенсивность звука характеризуют звуковое поле в определенной точке пространства, но не сам источник шума. Характеристикой непосредственно источника шума является его звуковая мощность, определяющая полную излучаемую энергию за единицу времени. Уровень звуковой мощности L_N в децибелах определяют как

$$L_N = 10 \lg \frac{N}{N_0}, \quad (5.4)$$

где N – звуковая мощность источника, Вт; N_0 – пороговое значение звуковой мощности, равное 10^{-12} Вт.

Шумы можно классифицировать по спектральному составу как низкочастотные (до 400 Гц), среднечастотные (от 400 до 1000 Гц), высокочастотные (свыше 1000 Гц); по характеру спектра как широкополосные с непрерывным спектром более одной октавы и тональные, в спектре которых имеются выраженные дискретные тона; по временным характеристикам как постоянные – уровни шума за 8-часовой рабочий день (смену) меняются не более чем на 5 дБА и непостоянные – уровни шума за рабочий день меняются более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике «медленно» шумомера. Непостоянные шумы подразделяют на непрерывно колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные.

Повышенный уровень шума является вредным производственным фактором. Звуки с уровнем выше 130 дБ вызывают болевое ощущение. При воздействии шумов с уровнем 100-120 дБ на начальном этапе возникают обратимые формы слухового утомления, проявляющиеся во временном смещении порога слышимости. Длительное воздействие избыточных шумов вызывает постоянную потерю слуха. Запрещается даже кратковременное пребывание людей в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Ультра- и инфразвук, хотя и выходят за пределы восприятия органами слуха человека, но также вредны, вызывая ощущения тошноты, усталости. Интенсивный инфразвук при длительном воздействии может вызвать внутреннее кровоотечение. Высокие уровни шумов вызывают увеличение количества всевозможных ошибок персонала, ускоряют наступление умственной усталости, ухудшают общее психическое состояние людей.

Характеристики некоторых шумов приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Характеристики некоторых источников шума

№ п/п	Источник шума	Излучаемая мощность		Примерный уровень звукового давления	
		Вт	дБ	дБА	расстояние от источника шума, м
1	2	3	4	5	6
1	Двигатель ракеты ЗЕМЛЯ – ЛУНА	100000000	200	150	100
2	Взлет реактивного самолета	10000	160	140	25
3	Оркестр из 75 инструментов	100	140	-	-
4	Машинное отделение подводной лодки	-	-	120	-
5	Поршневой авиадвигатель	-	-	120-130	3-2
6	Очень шумный завод	-	-	100	-
7	Тяжелый дизельный грузовик	0,01	100	90	7
8	Цепная пила по дереву	1	120	-	-
9	Металлорежущие станки	-	-	80-95	Рабочее место
10	Обычный голос	0,00001	80	65	1
11	Шопот	0,00000001	40	40	0,3
12	Звон будильника	-	-	80	1
13	Часы карманные	-	-	20	1

Известно, что при продолжительности работы $T = 5$ годам вероятность Q повреждения слуха (т.е., снижение слуховой чувствительности на 25 дБА) в процентах от общего числа лиц, подвергшихся воздействию повышенного шума, равна

$$Q(L_A) = 0,03 \cdot L_A^2 - 4,87 \cdot L_A + 197,7\%, \quad (5.5)$$

где L_A – эквивалентный (или общий) уровень шума, дБА.

В связи с вредным действием шумов возникла необходимость их нормирования. Предельно допустимые уровни шумов на рабочих местах приводятся в ГОСТ 12.1.003 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [7], извлечения из них даны в табл. 5.2. Из этой таблицы следует, что нормируемыми параметрами шумов являются – уровень звукового давления, приводимый для среднегеометрических значений частот девяти октавных полос, а также уровень звука и эквивалентный уровень звука, измеряемые по шкале «А» шумомеров и даю-

шие ориентировочную оценку шумности. Из табл. 5.2 можно также заключить, что звуки высоких частот физиологически сильнее воздействуют на организм человека (более неприятны), поэтому предельно допустимые уровни звукового давления для этих частот ниже.

Табл. 5.2 используется для определения допустимых уровней широкополосных шумов. Для тонального и импульсного (прерывистого) шума, измеряемого по характеристике «медленно» шумомеров, допустимые уровни нормируемых параметров шумов берутся на 5 дБ меньше значений, указанных в табл. 5.2.

В жилых помещениях допустимый уровень звука в дневное время (с 7 до 23 ч) 40 дБА, в ночное 30 дБА.

Эквивалентный уровень звука LAэкв является нормируемой характеристикой для непостоянных шумов. Величину LAэкв получают либо путем замеров специальными интегрирующими шумомерами, либо путем замеров обычными шумомерами в течение 30 мин при общем числе отсчетов – 360 (через 5-6 с) и расчетов, методика которых изложена в ГОСТ 12.1.050.

Для непостоянных шумов в качестве нормируемой характеристики допускается использовать дозу шума D или относительную дозу шума Dотн, определяемые как

$$D = \int_0^T P_A^2(t) dt, \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}, \quad (5.6)$$

$$D_{\text{отн}} = (D/D_{\text{доп}}) \cdot 100\%, \quad (5.7)$$

где Dдоп – допустимая доза шума, Па²·ч; PA(t)- текущее значение среднего квадратического значения звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера, Па; T - время действия шума, ч.

Доза шума – это интегральная величина, учитывающая акустическую энергию, воздействующую на человека за определенный период времени. Допустимая доза шума вычисляется по формуле

$$D_{\text{доп}} = P_{\text{Адоп}}^2 \cdot T_{\text{р-д}}, \quad (5.8)$$

где РАдоп – значение звукового давления, соответствующее допустимому уровню звука согласно табл. 5.1. Значение РАдоп может быть найдено из формулы (5.2); Тр·д – продолжительность рабочего дня (смены). Обычно Тр·д = 8 ч.

Предположим, допустимый уровень звука равен 80 дБА. Тогда из формулы (5.2), зная, что P₀ = 2·10⁻⁵ Па, имеем Pдоп = 0,2 Па. При Тр·д = 8 ч получаем по формуле (5.8) Dдоп = 0,32 Па²·ч.

Таблица 5.2

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука
на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, конструирование и проектирование, программирование и обучение, врачебная деятельность	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
3	Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; на участках точной сборки, в помещениях мастеров	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Продолжение табл. 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп.1-4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Морские, речные, рыбопромысловые и другие суда											
6	Рабочая зона в помещениях энергетического отделения судов с постоянной вахтой	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
7	Рабочие зоны в центральных постах управления (ЦПУ) судов (звукоизолированные), помещениях, выделенных из энергетического отделения, в которых установлены контрольные приборы, средства индикации, органы управления главной энергетической установкой и вспомогательными механизмами	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Продолжение табл. 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	Рабочие зоны в служебных помещениях (рулевые, штурманские, багермейстерские рубки, радиорубки и др.)	89	75	66	59	54	50	47	45	44	55
9	Производственно-технологические помещения на судах рыбной промышленности (помещения для переработки объектов промысла рыбы, морепродуктов и пр.)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Автобусы, грузовые, легковые и специальные автомобили											
10	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
11	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала (пассажиры) легковых автомобилей и автобусов	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Сельскохозяйственные машины и оборудование, строительно-дорожные, мелиоративные и другие аналогичные виды машин											
12	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и других аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Примечание: 1. Допускается в отраслевой документации устанавливать более жесткие нормы для отдельных видов трудовой деятельности с учетом напряженности и тяжести труда; 2. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе											

Если фактические значения нормируемых параметров производственного шума превышают предельно допустимые, то принимаются все необходимые меры по его снижению. При этом используют: 1) технические средства борьбы с шумом (уменьшение шума в источнике его образования, применение малошумных технологических процессов и оборудования), 2) строительно-акустические мероприятия (применение звукопоглощающих и звукоизолирующих средств), 3) дистанционное управление шумными машинами и процессами, 4) средства индивидуальной защиты – по ГОСТ 12.4.051, 5) средства коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029, 6) организационные мероприятия (рациональный режим труда и отдыха, сокращение времени пребывания в шумных условиях, лечебно-профилактические меры и т.п.).

Зоны с уровнем звука выше 80 дБА должны быть обозначены знаками безопасности. Пребывание и работа в таких зонах допускается только при условии использования средств индивидуальной защиты.

ГОСТ 12.1.003 требует, чтобы паспорта или иные эксплуатационные документы на производственное оборудование содержали его шумовые характеристики. Такой характеристикой обычно является октавный уровень звуковой мощности L_N . Но поскольку нормируемыми параметрами шума стали уровни звука и звукового давления, то на практике возникает необходимость в расчете уровней звукового давления L_P и звука L_{PA} в зависимости от уровней звуковой мощности источников шума L_N . Сложность этого расчета зависит от условий распространения звукового поля. В условиях свободного звукового поля (т.е. в открытом пространстве или в помещении с большим поглощением звука) и при полусферическом излучении (источник звука прикреплен к стене или закреплен на полу) имеем

$$L_P = L_N - 20 \lg r - 10 \lg 2\pi \text{ дБ} \quad (5.9)$$

или

$$L_{PA} = L_{NA} - 20 \lg r - 10 \lg 2\pi \text{ дБА}, \quad (5.10)$$

где r – расстояние от источника, м; L_{NA} – общий уровень звуковой мощности источника шума, дБА.

Зная фактический уровень звукового давления L_P и его предельно допустимые уровни ЛПДУ (см. табл. 5.2), легко определить требуемое снижение уровня шума в каждой октавной полосе:

$$\Delta L = L_P - L_{\text{ПДУ}} + 20 \lg n, \quad (5.11)$$

где n – общее число принимаемых в расчет источников шума (с одинаковым уровнем шумности).

Одним из основных способов борьбы с шумом является ослабление шума в самом его источнике. Но когда эти меры не дают нужного эффекта, то обращаются к средствам борьбы с излучаемым шумом на путях его распространения, используя звукоизолирующие ограждения, преграды или экраны. Проектирование звукоизолирующих конструкций ведется в соответствии с указания-

ми СНиП П-12-77 «Нормы проектирования. Защита от шума». Их основное назначение – не пропускать звук из шумного помещения, обеспечивая тем самым его снижение в смежных помещениях. Звукопоглощающая способность одностенных ограждений (количество дБ, на которое уменьшается звук за ограждением) может быть ориентировочно определена по выражению [8]

$$R = 20 \lg(m \cdot f) - 47,5 \text{ дБ}, \quad (5.12)$$

где R – звукоизолирующая способность, дБ; m – масса 1 м² ограждения, кг; f – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.

Кроме того, для расчета звукоизолирующей способности используются формулы:

$$R = 20 \lg m + 12,37, \quad (5.13)$$

для стали, алюминия, фанеры

$$R = 13 \lg(m+1), \quad (5.14)$$

для звукоизолирующих ограждений массой (100 - 1000) кг/см² из бетона, железобетона, кирпича

$$R = 22 \lg m - 12, \quad (5.15)$$

для ограждений из стали толщиной $h = (1-10)$ мм

$$R = 22 + 9 \lg h, \quad (5.16)$$

для силикатного стекла толщиной $h = (2-10)$ мм

$$R = 18 + 8,5 \lg h, \quad (5.17)$$

для органического стекла толщиной $h = (5-30)$ мм

$$R = 12 + 12 \lg h. \quad (5.18)$$

Данные по звукоизолирующей способности некоторых конструкций приведены в табл. 5.3.

Поскольку аналитический расчет уровня звукового давления представляет значительные трудности, то на практике обычно пользуются инструментальным методом. Методики производства замеров и рекомендуемые измерительные приборы регламентированы ГОСТ 12.1.050 «ССБТ. Измерения шума на рабочих местах» и ГОСТ 12.1.020 «Шум. Метод контроля на морских и речных судах».

В настоящее время для измерения параметров шума применяются в основном следующие отечественные типы приборов: шумомер типа Шум-1М, комбинированные приборы-измерители шумов и вибраций ВШВ-003, ВШВ-003-М2. Используют также шумомеры датской фирмы «Брюль и Кьер», немецкие, например, SVAN 912AE, SVAN 943 и др. Приборы типа ВШВ позволяют измерять общий уровень звука, уровень звукового давления в октавных полосах, т. е. получить частотный состав шума. Кроме того, эти приборы обеспечивают и измерение вибраций. В состав шумомера входит микрофон, специальный усилитель, фильтры для частотного анализа, стрелочный индикатор, проградуированный в децибелах. Микрофон преобразует звуковые колебания в

пропорциональные им электрические сигналы, которые затем усиливаются и измеряются стрелочным индикатором. Фильтры позволяют выделить из всего частотного диапазона отдельные полосы частот в пределах одной октавы и измерить соответствующий уровень звукового давления, т.е. получить спектрограмму шума.

Таблица 5.3

Звукоизолирующая способность некоторых конструкций

Конструкция и материал	Толщина, мм	Масса, кг/см ²	Среднегеометрические частоты, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1.Тонколистовая сталь	1,0	7,8	12	16	20	24	29	33	36	34
	2,0	15,6	16	20	24	29	33	36	34	34
	4,0	31,2	21	25	29	33	36	34	34	41
2.Фанера	8,0	6,4	12	16	20	24	27	27	27	32
	12,0	9,6	15	19	23	26	26	26	30	34
3.Древесно-стружечная плита	20,0	-	-	23	26	26	26	26	26	33
4. Стекло силикатное	3,0	7,5	14	18	22	26	30	34	29	38
	5,0	12,5	17	21	25	29	33	30	36	41
5.Стекло органическое	5,0	6,0	14	18	22	26	30	33	35	31
6.Стеклопакет со стеклами толщиной 4 и зазором 30 мм	-	-	-	14	24	29	35	38	37	-
7.Двухстенная конструкция из пластика толщиной 3 мм и с деревянными брусками 40x40 мм между ними	-	8,4	19	14	13	19	30	41	48	48

При оценке шумового режима в производственных помещениях замеры необходимо выполнять на рабочих местах не менее трех раз при постоянном шуме. Должно быть включено не менее 2/3 установленных в помещении источников шума. Микрофон следует располагать на высоте 1,5 м от пола или на уровне органов слуха при работе сидя. Для цехов с равномерным распределением шумного оборудования замеры проводят в двух точках по продольной оси помещения на расстоянии 1/3 от поперечных стен на высоте 1,5 м от пола, при сосредоточенном размещении шумного оборудования – на расстоянии 1,25 м от оборудования и на высоте 1,5 м от пола; для кабин, постов наблюдения и в по-

мещениях, не имеющих шумного оборудования, – в середине помещения на высоте 1,5 м от пола. При измерениях во всех случаях микрофон должен быть направлен в сторону источника шума и удален не менее чем на 0,5 м от человека, проводящего измерения.

На судах контроль шума должен производиться в режиме полного хода и в производственном режиме. В зонах обслуживания главных и вспомогательных двигателей точки измерений располагаются с двух сторон двигателей на расстоянии 1 м от их поверхности на каждом ярусе, а также у воздухозаборного устройства двигателей. В малых машинных отделениях площадью до 15 м² измерения выполняют не менее чем в двух точках, расположенных в средней части между двигателем и бортами.

На открытых участках палуб измерения производят на рабочих местах при работающих механизмах.

При измерениях шумомер должен быть включен в положение «медленно». При колебаниях стрелки прибора отсчет следует производить по среднему ее положению с точностью до 1 дБ или 1 дБА.

2. Алгоритм опыта (эксперимента) и обработки данных

2.1 Лабораторную работу выполняют отдельные студенты или группа в составе не более двух человек.

2.2. Перед началом работы нужно изучить полностью настоящие методические указания. Особое внимание должно быть обращено на устройство и порядок использования прибора ВШВ-003-М2.

Лабораторный стенд, на котором выполняется работа, изображен на рис. 5.1 и включает звуковую камеру 2, обитую изнутри звукопоглощающим материалом 5. С одной стороны камеры (справа) установлен источник шума 3, а с другой стороны (слева) – микрофон 1 прибора ВШВ-003-М2. В данной лабораторной работе исследуется широкополосный производственный шум. Между источником шума и микрофоном устанавливаются исследуемые звукоизолирующие конструкции 4. Включение стенда в электросеть осуществляется тумблером 6, источник шума включается тумблером 7. Регулировка интенсивности звука производится ручкой 8.

Для измерения шума используется современный прибор ВШВ-003-М2, лицевая панель которого изображена на рис. 5.2. Прибор может работать либо с батарейным блоком питания, либо от сети. Перед началом измерений должна проводиться электрическая калибровка прибора по методике, изложенной в его паспорте (студентами не выполняется). На лицевой панели прибора ВШВ-003-М2 (см. рис. 5.2) расположены: 1 – гнездо для подключения кабеля микрофона (в лабораторной установке это подключение уже выполнено); 2 – гнездо, используемое при калибровке прибора; 3 – установочный резистор, используе-

мый при калибровке прибора; 4 – измерительные шкалы, нижняя шкала ($-\infty \dots 10$) дБ используется при измерениях шума); 5 – световые индикаторы; 6 – индикатор перегрузки; 7 – переключатель «РОД РАБОТЫ»; 8 – переключатель «ФЛТ, Hz»; 9 – тумблер, используемый при измерениях шума в малых помещениях с большим количеством отражающих поверхностей (диффузное поле), в этом случае тумблер 9 должен быть в нажатом состоянии; 10 – тумблер, которым включаются октавные фильтры; при измерениях на частотах 1-63 Гц этот тумблер должен быть в нажатом состоянии, от 0,125 до 8 кГц – в отжатом; 11 – переключатель «ФЛТ ОКТ», с помощью которого включается нужный (по частоте) октавный фильтр; 12 – тумблер, используемый при измерениях виброускорения; 13 – переключатель (делитель) «ДЛТ 2»; 14 тумблер, используемый при измерениях виброскорости; 15 – переключатель (делитель) «ДЛТ 1».

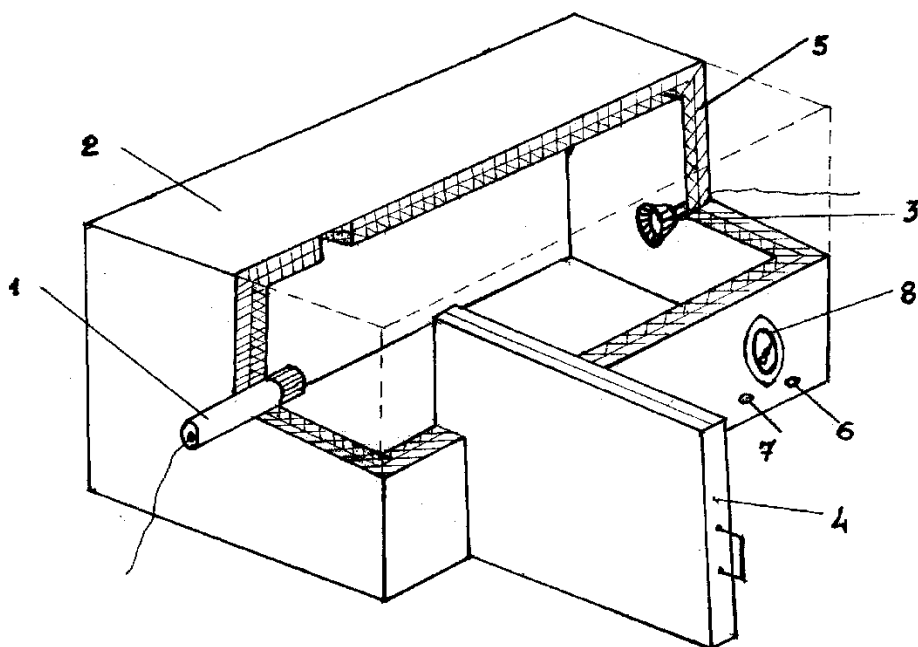


Рис. 5.1. Лабораторный стенд:

1 – микрофон; 2 – звуковая камера; 3 – источник шума; 4 – исследуемая звукоизолирующая конструкция; 5 – звукопоглощающая обивка; 6 – тумблер включения стенда в сеть; 7 - тумблер включения источника шума, 8 – регулятор громкости

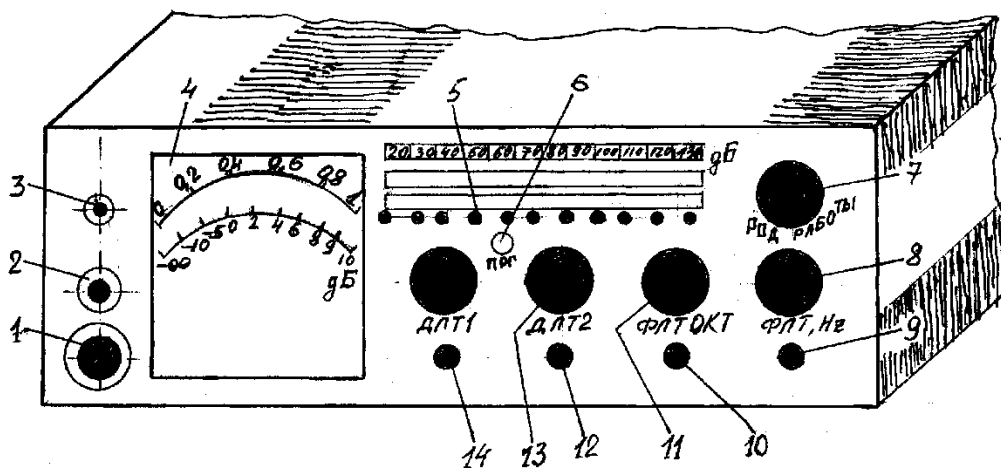


Рис. 5.2. Лицевая панель измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М2 (пояснения в тексте)

Перед началом измерений необходимо переключатель 7 «РОД РАБОТЫ» установить в положение «S» (SLOW - МЕДЛЕННО), делитель ДЛТ 1 поставить в положение 80 дБ, делитель ДЛТ 2 в положение 50 дБ, переключатель 8 «ФЛТ, Нз» установить в положение «А». Все тумблеры должны быть отжаты.

2.3. Последовательность выполнения работы

2.3.1. Получите вариант задания у преподавателя (см. табл. 5.4). Поставьте ручку 8 (рис. 5.1) в положение, соответствующее вашему номеру варианта. Зафиксируйте в положении «открыто» исследуемую звукоизолирующую конструкцию 4 (ее тип и номер должны соответствовать номеру вашего задания).

2.3.2. Для записи уровней измеряемых шумов подготовьте таблицу по форме табл. 5.5. Допустимые уровни шумов принимаются по табл. 5.2 соответственно вашему варианту задания.

2.3.3. С разрешения преподавателя включите шумомер в сеть. Переключатель 7 «РОД РАБОТЫ» устанавливается в положение «S» (SLOW – МЕДЛЕННО), переключатель 8 «ФЛТ Нз» – в положение «А».

2.3.4. После подготовки прибора к работе необходимо сообщить преподавателю о готовности к измерениям и с его разрешения включить тумблером 6 (см. рис. 5.1) стенд в сеть, а тумблером 7 – источник шума.

2.3.5. Приступайте к измерениям шума. Зафиксируйте звукоизолирующую конструкцию 4 – см. рис. 5.1 – в положении «ОТКРЫТО».

Если стрелка шумомера находится в левой части шкалы, то ее нужно вывести в правую часть путем изменения положений переключателей – сначала «ДЛТ 1», затем «ДЛТ 2». Значения уровней звукового давления или звука находятся путем сложения показаний переключателей «ДЛТ 1», «ДЛТ 2» и стрелки прибора – нижняя шкала.

Варианты заданий

Рабочие места	Звукоизолирующая конструкция	Положение ручки 8
1. Помещения лабораторий для теоретических работ	№ 1	Сильный
2. Помещения цехового управленческого аппарата	№ 2	Слабый
3. Кабина наблюдения без речевой связи по телефону	№ 3	Умеренный
4. Постоянные рабочие места в производственных помещениях	№ 4	Сильный
5. Помещения диспетчерской службы, машинописные бюро, участки точной сборки	№ 5	Умеренный
6. Рабочие места в проектно-конструкторских бюро	№ 6	Слабый
7. Рабочие места водителей грузовых автомашин	№ 7	Умеренный
8. Кабинеты и помещения наблюдения и управления с речевой связью по телефону	№ 8	Сильный

Например, положение «ДЛТ 1» - 70 дБ, положение «ДЛТ 2» - 30 дБ, показание стрелки – 4 дБ. Уровень шума составит $70 + 30 + 4 = 104$ дБ. Отсчет показаний стрелки прибора осуществляется с точностью до 1 дБ.

2.3.6. Переходите к измерению уровня звукового давления в октавных полосах частот. Переключатель 8 «ФЛТ Hz» (см. рис. 5.2) поставьте в положение «ОКТ». Переключатель 11 «ФЛТ ОКТ» устанавливается в положение 31 Гц. При измерении уровней звукового давления в октавных полосах пользоваться переключателем 15 «ДЛТ 1» не допускается. Используя переключатель «ДЛТ 2», установите стрелку измерительного прибора в правой части шкалы. Определите значение уровня шума, сложив показания так же, как и по п. 2.3.5. Повторите измерения для частоты 63 Гц, затем после нажатия на тумблер 10 – на частотах 8, 4, 2, 1, 0,5, 0,25 и 0,125 кГц. Запишите показания в таблицу отчетных данных.

2.3.7. Установите звукоизолирующую конструкцию 4 в положение «ЗАКРЫТО». Проведите все измерения аналогично п. 2.3.6, но в обратном порядке, начиная с частоты 0,125 кГц и заканчивая на частоте 8 кГц. Запишите значения уровней шума. Отожмите тумблер 10 и выполните измерения на частотах 63 и 31 Гц.

2.3.8. Установите переключатель «ФЛТ Hz» в положение «А» и, переключая делитель «ДЛТ 1» или «ДЛТ 2», определите общий уровень звука в дБА

при закрытой заслонке. Запишите показания. Затем переключатель 7 «РОД РАБОТЫ» прибора ВШВ-003-М2 установите в положение «С», вилку прибора вытащите из сети. Тумблером 6 отключите лабораторный стенд от сети, а тумблером 7 выключите источник шума.

2.3.9. Определите звукоизолирующую способность исследованной конструкции, отнимите из показаний по пп. 2.3.5, 2.3.6 показания по пп. 2.3.7 и 2.3.8, полученные данные занесите в таблицу отчетных данных – строка 4.

2.3.10. Определите звукоизолирующую способность исследованной конструкции расчетным путем по формулам (5.12) и (5.13) – (5.18). Формулы выбирайте с учетом типа исследованной конструкции. Полученные расчетные данные занесите в таблицу отчетных данных.

2.3.11. Постройте спектрограммы шумовых режимов, т.е. зависимости звукового давления в децибелах (ось ординат) от среднегеометрических значений частот октавных полос для трех случаев: 1) допустимый уровень шума (для своего варианта) по нормам ГОСТ 12.1.003 и СН 2.2.4/2.1.8.562-96; 2) уровень звукового давления без звукоизоляции; 3) уровень звукового давления с применением звукоизоляции. Все три зависимости рекомендуется привести на одном рисунке, выбрав достаточный масштаб.

2.4. Указания по подготовке отчета

2.4.1. Изложите цель работы, последовательность её выполнения, схему лабораторной установки, назначение прибора ВШВ-003-М2, порядок производства замеров шума в производственных помещениях.

2.4.2. Приведите расчетные формулы, расшифровку обозначений и назначение формул.

2.4.3. Заполните сводную таблицу отчетных данных по работе.

2.4.4. Постройте и приведите в отчете спектрограммы шумов в соответствии с указаниями п. 2.3.11.

3. Выводы

Изложите мотивированные выводы о соответствии (несоответствии) измеренных шумовых режимов требованиям шумобезопасности. Укажите, на каких частотах величина звукоизолирующей способности исследованных конструкций снижается и почему. Какие из этого следуют практические выводы?

Сравните экспериментальные и расчетные значения звукоизолирующей способности исследованной конструкции. Приведите свои комментарии.

4. Требования к технике безопасности при проведении работы

К выполнению лабораторной работы допускаются только студенты, прошедшие инструктаж по безопасности (охране) труда.

Перед началом выполнения работы обратите внимание на надежность соединения корпуса прибора ВШВ-003-М2 с землей – для заземления на корпусе имеется специальный контакт.

Включение шумомера, источника шума допускается только с разрешения преподавателя или инженера.

5. Форма отчета

Форма отчета по лабораторной работе представлена в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Форма для записи отчетных данных по лабораторной работе

Вид записываемых данных	Уровни звукового давления в децибелах в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	125	63	250	500	1000	2000	4000	8000	
Номер задания с указанием наименования рабочего места – из. табл. 5.4										
Номер звукоизолирующей конструкции и ее словесное описание – наименование, материал, толщина, плотность										
1. Допустимые уровни шума по ГОСТ 12.1.003-83*										
2. Измеренные уровни без звукоизоляции – заслонка открыта										
3. Измеренные уровни с применением звукоизоляции – заслонка закрыта										
4. Величина звукоизолирующей способности исследуемой конструкции, полученная в эксперименте: из строки 2 вычесть строку 3										
5. Расчетные данные по звукоизолирующей способности. Расчет выполняется в октавных полосах частот по формуле (5.12), а по общему уровню уменьшения звука – по формулам (5.13)-(5.18) с учетом вида звукоизолирующей конструкции										
6. Вывод о соответствии или несоответствии применяемого шумозаглушения ГОСТу 12.1.003 (сравнить строки 3 и 1)										

6. Вопросы для контроля готовности к выполнению работы

1. Как находятся значения уровней звукового давления или звука с помощью прибора ВШВ-003-М2?
2. При каком положении исследуемой звукоизолирующей конструкции рекомендуется начинать измерения шума?
3. Каков минимальный прирост уровня звука, различаемый ухом человека?
4. Как определяется уровень звуковой мощности L_N источников шума?
5. При какой разнице в уровнях шумов за 8-часовой рабочий день (за смену) шумы классифицируются как непостоянные?
6. В каком положении устанавливается переключатель «ФЛТ Hz» прибора ВШВ-003-М2 при измерении уровня звукового давления в октавных полосах частот?
7. В каких единицах измеряется общий уровень шума (или звука)?
8. Какое количество от имеющихся в помещении источников шума должно быть включено при измерениях шумового режима?
9. Зоны с каким уровнем звука должны быть обозначены соответствующим знаком безопасности?
10. С какой точностью следует производить отсчет показаний стрелки прибора ВШВ-003-М2 при её колебаниях?

7. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

1. Что понимается под промышленным шумом?
2. Почему для количественной оценки шумов принята относительная логарифмическая шкала единиц?
3. В каких единицах измеряется интенсивность звука, звуковое давление?
4. Каким образом, зная величину интенсивности шума в какой-либо точке, можно рассчитать значение звукового давления в этой же точке?
5. Как определяется уровень звуковой мощности?
6. Как классифицируются шумы по частоте? По характеру спектра? По временным характеристикам?
7. Характеристики каких шумов вы запомнили? Назовите их численные значения.
8. В чем проявляется вредное воздействие повышенных уровней шумов на организм?
9. В каких документах указаны предельно допустимые уровни шумов? Какие характеристики шумов нормируются?
10. Почему для области высоких частот допустимые уровни шумов уменьшаются?
11. Каковы основные пути борьбы с шумом?
12. Как связаны уровни звукового давления (или звука) с уровнями звуковой мощности?

13. Что понимается под звукоизолирующей способностью различных конструкций? От чего она зависит?
14. Каков принцип действия шумомера?
15. Где осуществляются замеры при оценке шумового режима в производственных помещениях?
16. Как определяется доза шума и допустимая доза шума?

Литература: [1-3,7,8].

Лабораторная работа 6

Тема: Испытание вытяжной вентиляционной установки

Цель: Изучение методов определения технических характеристик вентиляционных систем, применяемых для этого технических средств и приборов.

Используемое оборудование и материалы:

Вытяжной вентиляционный шкаф с воздухопроводом, оборудованный шторкой для изменения площади рабочего проёма; анемометр крыльчатый АСО-3, секундомер; комбинированный приёмник воздушного давления, микроанометр многопредельный с наклонной трубкой ММН-240(5)-1,0, шумомер ШУМ-1М.

1. Теоретическая часть

Вентиляционные системы предназначены для обеспечения чистоты воздуха и заданных микроклиматических условий в производственных помещениях за счёт удаления загрязнённого или нагретого воздуха из помещения и подачи свежего воздуха. Все практически используемые системы вентиляции можно классифицировать следующим образом:

по способу перемещения воздуха:

- естественные,
- механические,
- смешанные;

по направлению движения воздуха:

- приточные,
- вытяжные,
- приточно-вытяжные;

по зоне действия и способу обеспечения требуемых параметров микроклимата:

- общеобменные,
- местные;

по назначению:

- рабочие,
- аварийные;

по конструкции:

- каналные,
- бесканальные.

При естественной вентиляции воздух перемещается под действием сил гравитации, возникающих за счёт разности плотностей холодного и нагретого воздуха, либо под действием ветрового давления. Поступление и удаление воздуха при естественной вентиляции чаще всего организуется через проёмы ограждающих конструкций зданий (фрамуги, фонари), и такая вентиляция называется аэрацией - управляемая естественная вентиляция.

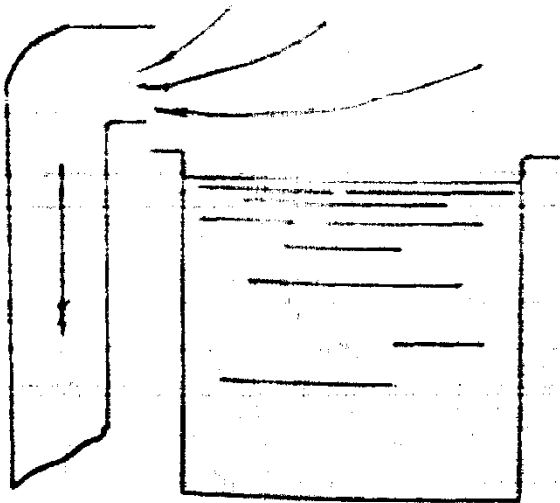
При механической вентиляции воздух перемещается под действием вентиляторов - осевых или центробежных. В смешанных системах одновременно используется и механическая, и естественная вентиляции, например, приток - естественный, вытяжка загрязнённого воздуха - механическая.

Общая или общеобменная вентиляция предназначена для создания усреднённых условий микроклимата во всём объёме производственного помещения. Применяется в том случае, если вредные выделения поступают непосредственно в воздух помещения и когда рабочие места не фиксированы в каких-то определённых границах, а располагаются по всему помещению. При общеобменной вентиляции для обеспечения данных условий часто требуются большие расходы воздуха, в связи с чем создание такой системы вентиляции может быть экономически нецелесообразным.

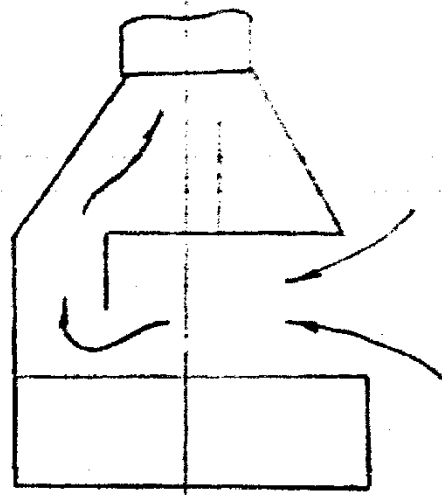
Для обеспечения требуемых микроклиматических условий непосредственно на рабочих местах применяются системы и способы местной вентиляции – приточной или вытяжной.

Местная вытяжная вентиляция конструктивно может выполняться в виде вытяжных шкафов, зонтов, бортовых и боковых отсосов, панелей равномерного всасывания – см. рис. 6.1.

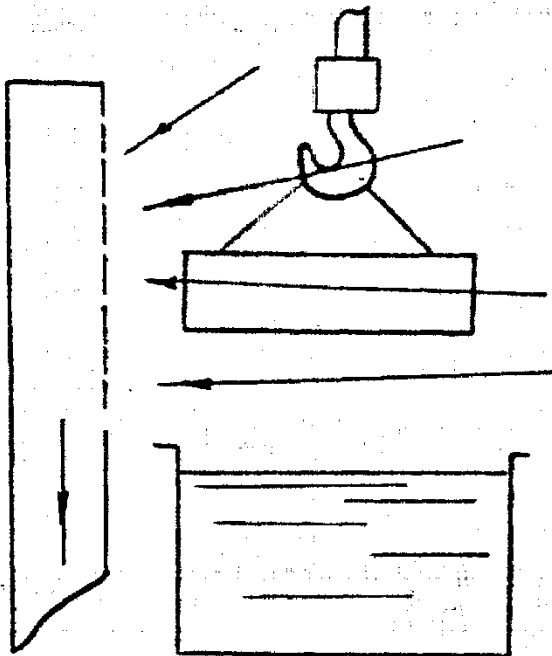
При выборе типа вентиляционной системы необходимо исходить из реальных условий, складывающихся в производственном помещении, учитывать требования экономичности и нормативные требования, изложенные в строительных нормах и правилах. Необходимо также учитывать и ограничения по шумности. Известно, что шумы, создаваемые в помещениях системами вентиляции и кондиционирования воздуха, должны быть на 5 дБ меньше фактического уровня шума в этих помещениях, - если они не превышают допустимые уровни; в остальных случаях – на 5 дБ меньше допустимых уровней.



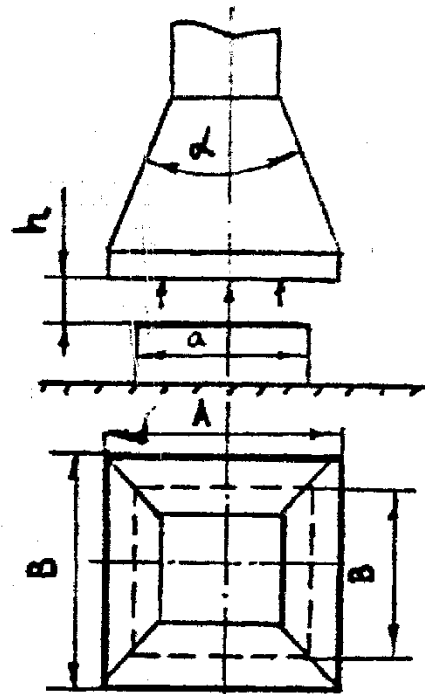
Бортовой отсос



Вытяжной шкаф с комбинированным отсосом



Бюквой отсос



$$A = a + 0,8 h$$

$$B = a + 0,8 h$$

$$\alpha = 60^\circ + 70^\circ \text{ (по большей стороне)}$$

Вытяжной зонт

Рис. 6.1. Схемы местной вытяжной вентиляции

Схема канальной общеобменной приточно-вытяжной вентиляции показана на рис. 6.2.

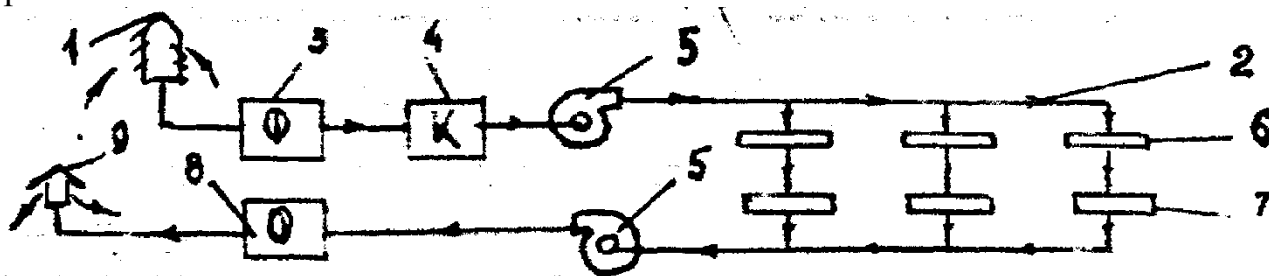


Рис. 6.2. Схема общеобменной приточно-вытяжной вентиляции:

1 - воздухозаборное устройство; 2 - воздуховоды; 3 - фильтр; 4 - калорифер; 5 - вентилятор; 6 - приточное отверстие; 7 - вытяжное отверстие; 8 - очистное сооружение; 9 - устройство для выброса воздуха

Расчёт систем вентиляции при проектировании в общем случае выполняется в следующей последовательности:

1) основываясь на конкретных условиях, выбирается тип вентиляции: обменная или местная, естественная или механическая и т.п.;

2) определяется количество выделяющихся вредностей в единицу времени, которыми могут быть избыточное тепло, влага, вредные пары или газы. Например, тепловыделения $Q_{дв}$ от двигателя внутреннего сгорания составляют

$$Q_{дв} = 0,02N_e \cdot q_e \cdot Q_h, \quad (6.1)$$

где N_e - эффективная мощность двигателя, Вт; q_e - удельный расход топлива, кг/Вт·с; Q_h - низшая теплотворная способность топлива, Дж/кг.

В некоторых случаях количество выделяемых вредностей определяется экспериментально;

3) определяется необходимый воздухообмен - количество воздуха, которое нужно подать или удалить из помещения для обеспечения требуемых параметров воздушной среды. Например, в случае наличия в помещении избыточных тепловыделений и при отсутствии забора воздуха местными отсосами на технологические и иные нужды необходимый объём L приточного воздуха будет

$$L = \frac{3,6 \sum_{i=1}^n Q_{изб}}{c \cdot \rho \cdot (t_{yx} - t_{пр})} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.2)$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{изб}$ - суммарные избыточные явные тепловыделения от n источников, Вт; c - теплоёмкость воздуха, кДж/(кг·К); ρ - плотность приточного воздуха,

кг/м³; t_{yx} , $t_{пр}$ - температура соответственно уходящего и приточного воздуха, °С.

Температура уходящего воздуха определяется как

$$t_{yx} = t_{р.з} + \Delta t(H_0 - 2), \quad (6.3)$$

где $t_{р.з}$ - температура воздуха в рабочей зоне, требуемая по нормам [4], [5], °С; H_0 - расстояние от пола до середины вытяжных отверстий; Δt - температурный градиент, равный $(0,5 \div 0,1)^\circ\text{С/м}$.

Воздухоподача L (м³/ч) для удаления избыточных влаговывделений рассчитывается по формуле

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{\rho(d_{yx} - d_{пр})}, \quad (6.4)$$

где $\sum_{i=1}^n W_i$ - суммарные влаговывделения от n источников, г/ч; d_{yx} , $d_{пр}$ - влагосо-
держание соответственно уходящего и приточного воздуха, г/кг сухого воздуха, определяется по таблицам физических характеристик воздуха.

Воздухоподача для удаления вредных веществ (м³/ч)

$$L = \frac{G}{\text{ПДК} - q_0} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.5)$$

где G - количество выделенных вредных веществ, мг/ч; q_0 - содержание вредных веществ в приточном воздухе, мг/м³. Обычно $q_0=0$; ПДК - предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³. Определяется по ГОСТ 12.1.005.

В отдельных случаях, если количество выделяющихся вредностей не поддаётся расчёту, требуемый воздухообмен определяют по формуле

$$L = K \cdot V \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.6)$$

где K - кратность воздухообмена - отношение количества воздуха, подаваемого за 1 ч в помещение, к объёму V , м³, этого помещения, т. е. кратность воздухообмена указывает, сколько раз в течение 1 ч сменяется воздух в данном помещении.

Кратность K принимается по нормативным документам. Например, в соответствии с действующими требованиями для аварийной вытяжной вентиляции машинных помещений судовых аммиачных холодильных установок $K=40$. Для фреоновых - $K=20$;

4) определяются (на четвёртом этапе) параметры технических средств, с помощью которых осуществляется подача или удаление воздуха. Прежде всего рассчитывают длину l и сечение F (м²) воздуховодов, равное

$$F = \frac{L}{v \cdot 3600} \text{ м}^2, \quad (6.7)$$

где v - скорость движения воздуха в воздуховоде. Обычно в магистралях принимают $v = 15 \div 20$ м/с, а в ответвлениях - $6 \div 12$ м/с.

Далее рассчитывают потери давления H (Па) на преодоление сопротивления движению воздуха по воздуховодам

$$H = \left(\frac{1}{d} \lambda + \sum l_i \right) \frac{\rho \cdot v^2}{2} \text{ Па}, \quad (6.8)$$

где λ - коэффициент линейных потерь на трение при движении воздуха по воздуховоду; d - диаметр воздуховода, м; $\sum l_i$ - сумма коэффициентов местных потерь в фасонных элементах воздуховодов (поворотах, арматуре, узлах слияния и деления потока и др.).

Затем подбирается вентилятор и вычисляется установочная мощность N приводного двигателя:

$$N = \frac{L \cdot H}{3600 \cdot \eta_v \cdot \eta_n} \text{ кВт}, \quad (6.9)$$

где η_v , η_n - КПД вентилятора и передачи соответственно.

В процессе эксплуатации вентиляционных систем не реже одного раза в год необходимо оценивать эффективность их работы, в том числе контролируется скорость движения воздуха в воздуховодах, а для местной вентиляции также скорость его движения в открытых рабочих проёмах, которая для вытяжных шкафов не должна быть ниже 0,3 м/с, а при выделении токсических вредных веществ - 0,7 ÷ 1,0 м/с [9]. Для особо токсичных веществ скорость подсоса должна увеличиваться до 2,5-3,0 м/с [10].

Скорость движения воздуха в рабочих проёмах можно измерить с помощью анемометров чашечных (в пределах от 1 до 20 м/с) или крыльчатых (0,5 ÷ 5 м/с). Для измерения скоростей до 0,5 м/с применяют кататермометры, термоанемометры. Однако необходимо иметь в виду, что непосредственное измерение скорости в рабочем проёме вытяжного шкафа не позволяет точно характеризовать его работу, так как рассматриваемая скорость в значительной степени зависит от места замера. Поэтому такие измерения следует рассматривать как ориентировочные. Для более точного определения скорости подсоса воздуха в рабочем проёме необходимо определить расход воздуха L в вытяжной трубе шкафа, который равен

$$L = \bar{V}_v \cdot F_v \cdot 3600 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.10)$$

где \bar{V}_v - средняя скорость движения воздуха в воздуховоде (трубе), м/с; F_v - площадь сечения воздуховода, м².

Через рабочий проем вытяжного шкафа, очевидно, пройдет примерно то же количество воздуха, что и через воздуховод, т.е. можно записать:

$$L = \bar{V}_n \cdot F_n \cdot 3600 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.11)$$

где \bar{v}_n - средняя скорость движения воздуха через рабочий проем вытяжного шкафа, м/с; F_n - площадь рабочего проема, м².

Из формулы (6.11) следует:

$$v_n = \frac{L}{F_n \cdot 3600} \text{ м/с.} \quad (6.12)$$

Скорость движения воздуха в воздуховодах вентиляционных систем должна определяться в соответствии с ГОСТ 12.3.018 [11]. При этом мерное сечение, т. е. то сечение, в плоскости которого выполняются замеры, должно располагаться на расстоянии $\geq 5d$ от мест возмущения воздушного потока (отводов, шиберов, диафрагм и т. п.). При отсутствии прямолинейных участков необходимой длины мерное сечение допускается располагать в месте, делящем выбранный для измерения участок в соотношении 3:1 в направлении движения воздуха. Допускается размещать мерное сечение и непосредственно в месте внезапного расширения при сужении потока.

Поскольку скорость движения воздуха в различных точках поперечного сечения воздуховодов неодинакова, то в ГОСТ 12.3.018 предусмотрено измерение местной скорости в нескольких точках, количество которых, например, для воздуховодов прямоугольного сечения при длине короткой стороны 200 мм должно быть не менее 4 - см. рис. 6.3, а при большей длине сторон - 16. Максимальное отклонение координат точек измерения от указанных в ГОСТ не должно превышать $\pm 10\%$. Количество измерений в каждой точке должно быть не менее 3.

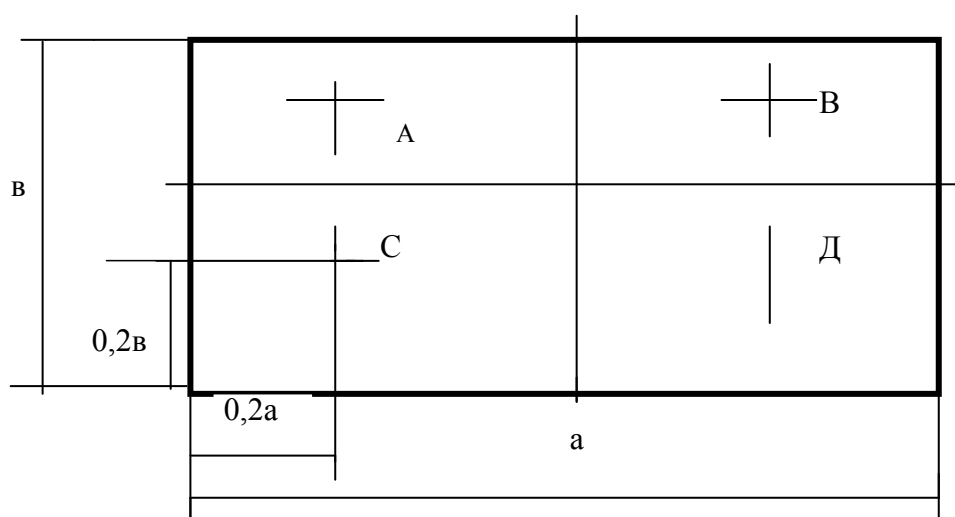


Рис. 6.3. Координаты точек измерений давлений и скорости в воздуховодах прямоугольного сечения

Для измерения скорости воздуха в воздуховодах могут применяться указанные ранее анемометры, термоанемометры (при скорости воздуха менее 5 м/с), а также комбинированные приёмники воздушного давления (ПВД) (рис. 6.4), соединяемые с дифференциальными микроманометрами - при скорости движения воздуха более 5 м/с.

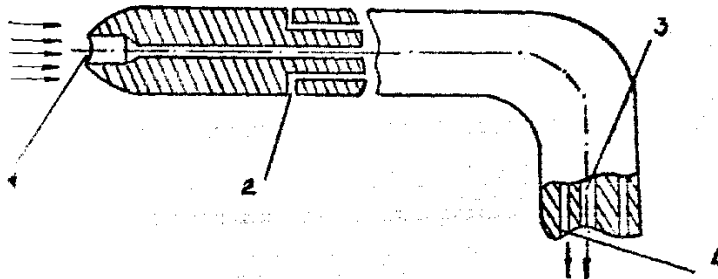


Рис. 6.4. Схема комбинированного приемника давления:

1 – отверстие приемника полного давления; 2 – отверстие приемника статического давления; 3,4 – трубки для подсоединения резиновых шлангов микроманометра

Необходимо иметь в виду, что при внесении в воздуховод крыльчатого или чашечного анемометра уменьшается проходное сечение воздуховода. Поэтому измеренная этими приборами скорость будет отличаться от фактической.

Термоанемометры и приёмники воздушного давления, имея меньшие габариты, не приводят к столь значительному изменению скорости воздуха из-за уменьшения проходного сечения.

Измерение скорости воздуха комбинированными ПВД основано на определении величины динамического давления p_d , (т.е. давления, создаваемого движущимся потоком воздуха), которое равно:

$$p_d = \frac{\rho v^2}{2} \text{ Па}, \quad (6.13)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м³; v - скорость движения воздуха, м/с.

Для определения величины динамического давления используют дифференцированный микроманометр 3 (см. рис. 6.5 и лабораторный стенд), один штуцер которого с помощью шланга 2 подключают к отверстию трубки комбинированного приемника давления 1, направленному против потока воздуха – см. рис. 6.4 (поз.1). Второй штуцер микроманометра подключают к отверстию трубки комбинированного приемника давления, направленному перпендикулярно к потоку воздуха (см. рис. 6.4, поз.2). Для соединения трубок комбинированного приемника давления с микроманометром используются резиновые шланги 2 – см. рис. 6.5.

При включении вентиляции полное давление, создаваемое в воздуховоде, передается на микроманометр через отверстие 1, а статическое – через отверстие 2 – см. рис. 6.4. Разница между полным и статическим давлениями пред-

ставляет динамическое давление – благодаря ему и осуществляется перемещение воздуха по вентиляционным каналам. Динамическое давление в микроманометре уравнивается столбиком подкрашенного спирта, заполняющего наклонную трубку микроманометра - см. прибор, размещенный на лабораторном столе. При малой величине динамического давления для повышения точности измерений трубка дифференциального микроманометра наклоняется под углом к вертикали. Определив по микроманометру длину столбика спирта (мм), можно рассчитать динамическое давление [12] по формуле

$$p_d = 9,8 \cdot h \cdot k \frac{\rho_{ж}}{0,81} \cdot \frac{1}{1 + \beta(t - 20)} \text{ Па}, \quad (6.14)$$

где k - постоянный множитель прибора, его значения, соответствующие различным углам наклона трубки микроманометра, нанесены на дужке прибора; $\rho_{ж}$ - плотность жидкости, заполняющей резервуар микроманометра, соответствующая температуре 20°C; β - коэффициент объёмного расширения жидкости (для спирта $\beta = 0,0011$, для воды $\beta = 0,00015$); t - температура воздуха, при которой производятся замеры.

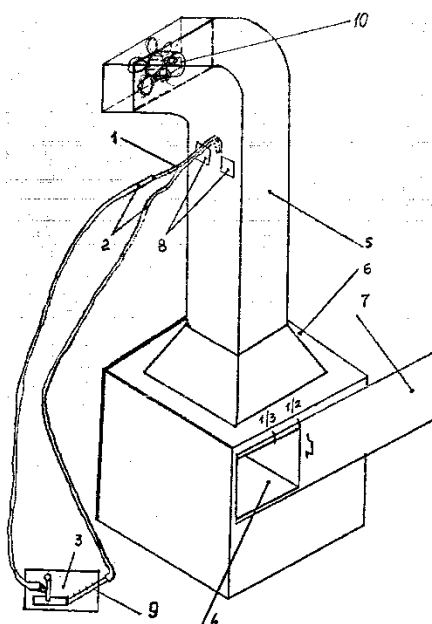


Рис. 6.5. Схема лабораторной установки:

- 1 - комбинированный приемник давления; 2 – резиновые шланги; 3 – дифференциальный микроманометр; 4 – рабочий проем; 5 – вытяжная труба (воздуховод); 6 – вытяжной шкаф с верхним отсосом; 7 – подвижная шторка; 8 – отверстия в воздуховоде для ввода комбинированного приемника давления; 9 – наклонная трубка микроманометра, 10 – вентилятор осевой

Учитывая, что микроанометр, используемый в данной лабораторной работе, заполнен спиртом, окрашенным метилротом и $\rho_{ж} = 0,82 \text{ г/см}^3$, получаем из формулы (6.14)

$$p_{д} = h \cdot k \frac{9,92}{1 + 0,0011(t - 20)} \text{ Па.} \quad (6.15)$$

Перед замерами уровень спирта в наклонной трубке микроанометра должен быть приведён к нулевому делению шкалы. Студентами не выполняется.

По результатам замеров динамического давления во всех точках мерного сечения, согласно рис. 6.3, рассчитывается усреднённое динамическое давление $\bar{p}_{д}$:

$$\bar{p}_{д} = \left(\frac{\sum_{i=1}^z p_{дi}^{0,5}}{z} \right)^2 \text{ Па,} \quad (6.16)$$

где z - число точек замеров.

Средняя скорость движения \bar{v} , м/с, в мерном сечении воздуховода вентиляционной системы, как следует из выражения (6.13), находится как

$$\bar{v}_{в} = \left(\frac{2\bar{p}_{д}}{\rho} \right)^{0,5} \text{ м/с,} \quad (6.17)$$

где ρ - плотность воздуха, принимаемая равной $1,2 \text{ кг/м}^3$.

При измерении скорости движения воздуха в отдельных точках рабочего проема вытяжного шкафа анемометрами среднюю скорость движения воздуха рассчитывают по формуле

$$\bar{v}_{н} = \frac{\sum_{i=1}^z v_i}{z} \text{ м/с.} \quad (6.18)$$

2. Алгоритм опыта (эксперимента) и обработки данных

2.1. Лабораторную работу выполняет бригада в количестве не более двух студентов

2.2. Перед началом работы нужно изучить полностью настоящие методические указания, обращая особое внимание на устройство лабораторной установки, порядок использования приборов, меры безопасности.

Перед выполнением работы необходимо подготовить формы для записи результатов замеров, которые должны соответствовать табл. 6.1 и 6.2, получить вариант задания у преподавателя или инженера лаборатории.

Лабораторная установка - вытяжной вентиляционный шкаф с воздуховодом 5 - изображена на рис. 6.5. Шкаф оборудован подвижной шторкой 7, позволяющей изменять площадь рабочего проёма 4.

В стенке воздуховода 5 выполнено два отверстия 8 для установки комбинированного ПВД 1, соединённого резиновыми шлангами 2 с дифференциальным микроманометром 3. Перемещение воздуха осуществляется с помощью вентилятора.

2.3. Последовательность выполнения работы

2.3.1. Измерение скорости подсоса воздуха в рабочем проёме вытяжного шкафа:

1. Доложите преподавателю или инженеру лаборатории о готовности к работе, получите крыльчатый манометр (тип АСО-3), секундомер (можно использовать свои наручные часы с секундной стрелкой).

2. Поставьте шторку 7 вытяжного шкафа в положение, соответствующее вашему варианту задания на выполнение работы. Определите площадь сечения рабочего проёма вытяжного шкафа, соответствующую вашему варианту задания, данные занесите в форму, которая должна соответствовать табл. 6.1. Площадь сечения $F_{\text{п}}$ рабочего проема находится как $F_{\text{п}} = a \cdot F$, где a – степень открытия проема (нанесена на вытяжном шкафу); F – общая площадь рабочего проема, равная $0,19 \text{ м}^2$.

3. Установите на крыльчатый анемометр рукоятку.

4. Запишите в табл. 6.1 одним числом показания стрелок анемометра до измерения. Включите вентилятор. Поместите анемометр в центр рабочего проёма, где должна быть измерена скорость воздуха. Крыльчатка анемометра должна быть обращена навстречу потоку воздуха, а ось крыльчатки - совпадать с направлением потока в точке замера. При этом располагайтесь так, чтобы по возможности меньше перекрывать сечение проема. Для точного определения скорости дайте анемометру некоторое время (30 с) вращаться вхолостую, после чего включите одновременно механизм анемометра и секундомер, через 100 с анемометр и секундомер одновременно выключайте.

Анемометр включают и выключают арретиром, конец которого в форме ушка выведен через паз на боковую поверхность корпуса прибора. При повороте ушка вверх счетный механизм анемометра включается, вниз – выключается. Показания прибора после замера скорости также запишите в табл. 6.1.

5. Руководствуясь п. 4, измерьте скорость движения воздуха в углах проема вытяжного шкафа, данные занесите в табл. 6.1. Сразу после окончания измерений выключите вентилятор.

6. Для каждой точки замера рассчитайте разницу между показаниями анемометра до и после замера, разделите на число секунд, в течение которых производится замер (100 с). Данные занесите в табл. 6.1.

7. По числу делений, пройденных стрелкой анемометра за 1 с, пользуясь прилагаемыми к каждому анемометру тарировочными графиками, которые размещены на вытяжном шкафу, определите скорость движения воздуха в рабочем проёме вытяжного шкафа.

8. По формуле (6.18) рассчитайте среднюю скорость движения воздуха в проеме вытяжного шкафа. Результаты занесите в табл. 6.1.

2.3.2. Измерение скорости движения воздуха в воздуховоде

1. Через левое отверстие в стенке воздуховода установите комбинированный ПВД в первую точку (т. С) сечения воздуховода так, чтобы изогнутая часть ПВД была направлена навстречу потоку воздуха. В лабораторной работе местные скорости условно измеряются лишь в четырех точках сечения воздуховода – А, В, С, Д – см. рис. 6.3, что справедливо лишь для прямоугольных воздухопроводов с размером меньшей стороны $b \leq 200$ мм. Соответствие координат замеров требованиям ГОСТ 12.3.018 обеспечивается местоположением отверстий в стенке воздуховода и совмещением меток А, В и С, Д на комбинированном приемнике давления с наружной стенкой воздуховода.

2. Определите температуру воздуха в помещении по термометру, закреплённому на стенде. Включите вентилятор. Через 3 ÷ 5 мин после пуска поверните кран на дифференциальном микроманометре (студентами не выполняется, так как этот кран постоянно открыт), определите длину столбика спирта в наклонной трубке, уравнивающего динамическое давление, создаваемое потоком воздуха. Закройте кран микроманометра (студентами не выполняется). Показания прибора занесите в табл. 6.2.

3. Установите приемник давления в точке А поперечного сечения воздуховода, продвинув его до второй метки А, В. Проведите замер в соответствии с предыдущим пунктом.

4. Переместите приемник давления в правое отверстие в воздуховоде. Произведите замеры в двух точках Д и В аналогично вышеизложенному. Сразу после проведения последнего замера выключите вентилятор.

5. По формуле (6.15) рассчитайте динамическое давление $P_{дi}$ в каждой точке замера, по формуле (6.16) – среднее динамическое давление в мерном сечении воздуховода, по формуле (6.17) – среднюю скорость движения воздуха $\bar{V}_в$ в мерном сечении воздуховода вентиляционной системы. Плотность воздуха, примите равной $1,2 \text{ кг/м}^3$. По формуле (6.10) рассчитайте объем воздуха, проходящего через воздуховод. Площадь сечения воздуховода $F_в = 0,0144 \text{ м}^2$. Все полученные результаты занесите в табл. 6.2.

6. По формуле (6.12) найдите среднюю расчетную скорость движения воздуха через рабочий проем вытяжного шкафа и сравните полученное расчетное значение $\bar{V}_{пр}$ с результатами непосредственных измерений скорости подсоса $\bar{V}_п$, выполненных ранее – см. табл. 6.1.

7. Ориентируясь на значения $\bar{V}_{пр}$ и $\bar{V}_п$, укажите классы вредных веществ, с которыми можно работать в вытяжном шкафу. Используйте табл. 6.3.

Таблица 6.3

Требуемая скорость подсоса в рабочих проемах вытяжных шкафов [13]

Класс опасности и наименование вредных веществ	Скорость подсоса $V_п$, м/с
1. Чрезвычайно опасные: вещества с ПДК = 0,005 мг/м ³	3,0
2. Высокоопасные: пары, газы, туманы, вещества с ПДК = 1 мг/м ³	2,0
3. Умеренноопасные: пары, газы, туманы, вещества с ПДК=(1-2)мг/м ³	1,75
пары, газы, туманы, вещества с ПДК=(2-10)мг/м ³	1,75
4. Малоопасные: вредные вещества с ПДК = (10-100) мг/м ³	0,8
бензин, технические масла и другие вещества с ПДК > 100 мг/м ³	0,5

8. Получите у преподавателя или лаборанта шумомер и измерьте общий уровень звука на рабочем месте при включенном вентиляторе. Результат измерений запишите в табл. 6.2. Выключите вентилятор.

2.4. Указания по подготовке отчета

Отчет оформляется в тетради школьного формата либо на двойном тетрадном листе и должен содержать:

2.4.1. Цель работы, схему лабораторной установки, краткое описание хода работы.

2.4.2. Таблицы с результатами замеров и расчётов, а также ход и содержание расчетов, формулы с расшифровкой входящих в них обозначений.

3. Выводы

Основные выводы по проделанной работе, сравнение скорости подсоса воздуха в проёме, полученной непосредственными измерениями с помощью анемометра и расчётным путём.

Перечень вредных веществ с указанием классов опасности, с которыми можно работать в вытяжном шкафу при полученной скорости подсоса в рабочем проеме вытяжного шкафа.

Принимая во внимание, что допустимый уровень звука в лаборатории составляет 60 дБА, укажите о соответствии (несоответствии) уровня шума от ис-

следованной вентиляционной установки требованиям норм. Что можно использовать для уменьшения шума от вентиляционных систем?

4. Требования к технике безопасности при проведении работы

Для привода вентилятора используется электродвигатель, подключённый к сети с напряжением 220 В, поэтому при выполнении работы соблюдайте меры электробезопасности.

Используемый в работе микроанометр многопредельный содержит технический спирт, окрашенный метилротом, представляющим опасность для здоровья. При выполнении работы разбирать, сдвигать с места микроанометр запрещается.

Точно соблюдайте порядок выполнения работы, указанной в разделе 2.3 настоящих методических указаний.

Соблюдайте меры предосторожности при обращении с комбинированным приемником давления и другими элементами лабораторного стенда.

5. Форма отчета

Форма отчета по лабораторной работе представлена в табл. 6.1 и табл. 6.2.

Таблица 6.1

К измерению скорости подсоса воздуха в проеме вытяжного шкафа при степени открытия шторки

Площадь сечения рабочего проема Fп согласно варианту задания	Точка замера	Показания анемометра			Число делений на 1 с	Скорость подсоса воздуха, м/с	Средняя скорость подсоса воздуха $\bar{V}_п$, м/с
		после замера	до замера	разница			
	В центре проема						
	В левом верхнем углу проема						
	В правом нижнем углу проема						

Таблица 6.2

К измерениям скорости движения воздуха
в воздуховоде вентиляционной системы

Температура в помещении t , °С	Номер точки замера	Показания микроманометра h , мм	Динамическое давление R_d , Па	Среднее динамическое давление \bar{P}_d , Па	Средняя скорость движения воздуха в воздуховоде \bar{V}_v , м/с	Объем воздуха, проходящего через воздуховод, м ³ /ч	Расчетная скорость подсоса в рабочем проеме, $V_{пр}$, м/с	Уровень звука на рабочем месте у проема вытяжного шкафа, дБА
	A B C D							

6. Вопросы для контроля готовности к выполнению работы

1. Как называется управляемая естественная вентиляция?
2. Как называется отношение объёма воздуха, подаваемого за 1 ч в помещение, к объёму этого помещения?
3. Как определяется динамическое давление в мерном сечении воздуховода в данной лабораторной работе?
4. Через сколько секунд после помещения в точку замера нужно включать счётный механизм крыльчатого анемометра?
5. В каком месте нужно получить расчётную скорость движения воздуха согласно данной лабораторной работе?
6. Какая вентиляция рекомендуется для удаления вредных веществ (вредностей) непосредственно из места их выделения?
7. В скольких точках мерного сечения нужно измерить скорость движения воздуха в воздуховоде исследуемой в лабораторной работе вентиляционной системы?
8. Через сколько минут после пуска вентилятора нужно определять длину столбика спирта в наклонной трубке микроманометра?
9. Как часто в процессе эксплуатации нужно оценивать эффективность работы вентиляционных систем?
10. Как ограничивается уровень шума, создаваемого в помещениях системами вентиляции и кондиционирования воздуха?

7. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы
1. Каково значение вентиляции в производственных помещениях?
 2. Как классифицируются вентиляционные системы?
 3. Каков порядок расчёта вентиляции?
 4. Под действием каких факторов происходит перемещение воздуха при естественной вентиляции?
 5. Что такое кратность воздухообмена?
 6. На какие виды подразделяются системы местной вентиляции?
 7. Каково устройство и области применения вытяжных зонтов, шкафов?
 8. Каким образом определяется динамическое давление воздуха в воздуховоде?
 9. Как ограничивается уровень шума в помещениях от систем вентиляции и кондиционирования воздуха?
 10. Какие приборы применяются для определения скорости движения воздуха в вентиляционных каналах?
 11. Как определить мощность привода для вентилятора?

Литература: [1,2,9-13].

Лабораторная работа 7

Тема: Защита от сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения

Цель: ознакомиться с характеристиками электромагнитного излучения (ЭМИ), воздействием ЭМИ на здоровье человека, нормативными требованиями к уровням ЭМИ; провести измерения ЭМИ СВЧ-диапазона, установить зависимость интенсивности ЭМИ СВЧ-диапазона от расстояния до источника ЭМИ, оценить эффективность защиты от СВЧ-излучения при помощи экранирования.

Используемое оборудование и материалы:

бытовая СВЧ-печь, мультиметр, датчик СВЧ-поля, защитные экраны.

1. Теоретическая часть

Электромагнитное излучение – процесс испускания электромагнитных волн, а также само переменное электромагнитное поле этих волн. Согласно представлениям классической физики, ЭМИ осуществляется ускоренно движущимися заряженными электрическими частицами (в частности, переменными токами).

Электромагнитное поле характеризуется двумя векторными функциями координат – напряженностью электрического поля E (В/м) и магнитной индукцией B (Тл) (часто пользуются и другой векторной величиной – напряженностью магнитного поля H (А/м)). Разделение ЭМП на электрическое и магнитное

условно. В частных случаях можно говорить об электрическом поле (создается неподвижными электрическими зарядами) или магнитном поле (создается неподвижными проводниками с постоянным током или постоянными магнитами). Но в инерциальных системах отсчета, движущихся относительно той, в которой рассматриваются неподвижные электрические заряды или постоянные магниты, электрическое и магнитное поля неразрывно взаимосвязаны.

Электромагнитные волны распространяются в пространстве с конечной скоростью (скоростью света). Электромагнитная волна – поперечная волна. В каждой точке поля векторы напряженностей электрического и магнитного полей E и H колеблются в плоскости, перпендикулярной направлению распространения электромагнитной волны. Кроме того, векторы E и H в каждой точке взаимно перпендикулярны и колеблются в одной фазе.

Классифицируют электромагнитные волны в первую очередь в зависимости от их частоты (или длины волны).

Спектр электромагнитных колебаний по частоте достигает 1021 Гц. В зависимости от энергии фотонов его подразделяют на область ионизирующих и неионизирующих излучений.

Шкала электромагнитного излучения приведена в табл. 7.1.

В настоящее время наиболее широкое применение в различных отраслях человеческой деятельности находит электромагнитная энергия неионизирующей части спектра. Это касается в первую очередь электромагнитных полей радиочастотного диапазона, составляющих большую часть спектра неионизирующих ЭМИ.

Таблица 7.1

Шкала электромагнитного излучения

Диапазон	Неионизирующее излучение					Ионизирующее излучение
	1-104	104-1012	1012-1014	3,8*10 ¹⁴ -7,5*10 ¹⁴	1014-1017	
Частот, Гц	1-104	104-1012	1012-1014	3,8*10 ¹⁴ -7,5*10 ¹⁴	1014-1017	1017-1021
Длин волн	Более 10 км	10 км-0,1 мм	0,78мкм-1 мм	0,78мкм-0,38 мкм	400 нм-10 нм	10 нм-0,1пм
	Низкочастотные колебания (в том числе ЭМИ токов промышленной частоты)	Радиоволны	Инфракрасное излучение	Видимый свет	Ультрафиолетовое излучение	Рентгеновское и гамма-излучение

Примечание. Длина волны λ и частота f связаны соотношением $f = c/\lambda$, где c - скорость распространения электромагнитных волн в воздухе, $3 \cdot 10^8$ м/с.

Радиоволны, в свою очередь, подразделяются по длине волны (частоте) на ряд диапазонов. В зависимости от частоты электромагнитного излучения

осуществляется его нормирование. Диапазоны радиочастот приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Диапазоны радиочастот

Номер диа-пазона	Границы		Название	
	по частоте	по длине волны		
4	3-30 кГц	100-10 км	Очень низкие частоты (ОНЧ)	Мириаметровые волны
5	30-300 кГц	10-1 км	Низкие частоты (НЧ)	Километровые волны
6	300 кГц - 3 МГц	1 км – 100 м	Средние частоты (СЧ)	Гектометровые волны
7	3-30 МГц	100-10 м	Высокие частоты (ВЧ)	Декаметровые волны
8	30-300 МГц	10-1 м	Очень высокие частоты (ОВЧ)	Метровые волны
9	300 МГц- 3 ГГц	1 м-10 см	Ультравысокие частоты (УВЧ)	Дециметровые волны
10	3-30 ГГц	10-1 см	Сверхвысокие частоты (СВЧ)	Сантиметровые волны
11	30-300 ГГц	1 см- 1 мм	Крайне высокие частоты (КВЧ)	Миллиметровые волны
12	300 ГГц- 3 ТГц	1мм- 0,1 мм	Гипервысокие частоты (ГВЧ)	Децимиллиметровые волны

В промышленности источниками ЭМП являются электрические установки, работающие на переменном токе частотой от 10 до 10⁶ Гц, в том числе электрические установки тока промышленной частоты 50 Гц; приборы автоматики; установки высокочастотного нагрева; дефектоскопы; радиопередающее оборудование. Источниками электромагнитного излучения является также электротранспорт, линии электропередач, ПЭВМ, мобильные телефоны, бытовые приборы.

Воздействие ЭМИ на здоровье человека

Биологические эффекты от воздействия ЭМИ могут проявляться в различной форме: от незначительных функциональных сдвигов до нарушений, свидетельствующих о развитии явной патологии. Причина биологического воздействия ЭМИ на организм – поглощение тканями энергии электромагнитной волны.

В целом поглощение энергии ЭМИ зависит от частоты колебаний и электрических и магнитных свойств среды. Чем короче длина волны и больше ча-

стота колебаний, тем большую энергию несет в себе квант электромагнитного излучения. Связь между энергией Y и частотой колебаний f (длиной волны λ) определяется как

$$Y = h \cdot f$$

или

$$Y = h \cdot c / \lambda \tag{7. 1}$$

где c – скорость электромагнитных волн, м/с (в воздухе $c = 3 \cdot 10^8$); h – постоянная Планка, равная $6,6 \cdot 10^{-34}$ Вт/см².

При равных характеристиках ЭМИ коэффициент поглощения в тканях с высоким содержанием воды примерно в 60 раз выше, чем в тканях с низким содержанием.

Следствием поглощения энергии ЭМИ является тепловой эффект. Избыточная теплота, выделяющаяся в организме человека, отводится путем увеличения нагрузки на механизм терморегуляции. Начиная с определенного предела, организм не справляется с отводом теплоты от отдельных органов, и температура их может повышаться. Воздействие ЭМИ особенно вредно для тканей со слаборазвитой сосудистой системой или недостаточным кровообращением (глаза, мозг, почки, желудок, желчный и мочевой пузырь). Облучение глаз может привести к помутнению хрусталика (катаракте). Помимо катаракты при воздействии ЭМИ возможны ожоги роговицы.

Тепловой эффект зависит от интенсивности облучения. Пороговые интенсивности теплового воздействия ЭМП на организм животного уменьшаются с ростом частоты ЭМИ. Например, пороговая плотность потока энергии для УВЧ-диапазона составляет 40 мкВт/см², а для СВЧ-диапазона – 10 мкВт/см². ЭМП с интенсивностью меньше пороговой не обладает тепловым действием на организм, но согласно ряду теорий обладает специфическим нетепловым воздействием. Данные, относящиеся к нетепловому воздействию электромагнитного излучения на человека, на данный момент не являются полными. Это связано с отсутствием четких критериев этого воздействия, доступных непосредственному инструментальному контролю.

Степень и характер воздействия ЭМИ на организм человека определяется частотой излучения, продолжительностью облучения, интенсивностью ЭМП, размером облучаемой поверхности, индивидуальными особенностями человека.

Для длительного воздействия ЭМИ различных диапазонов частот при умеренной интенсивности (выше ПДУ) характерным считают развитие функциональных расстройств в ЦНС с нерезко выраженными сдвигами в эндокринно-обменных процессах и составе крови. В связи с этим могут появиться головные боли, понижение или повышение артериального давления, нервно-

психические расстройства, быстрое развитие утомления. Возможно выпадение волос, ломкость ногтей, снижение массы тела. Наблюдаются изменения возбудимости зрительного, вестибулярного, обонятельного анализаторов. На ранней стадии изменения носят обратимый характер, при продолжающемся воздействии ЭМИ происходит стойкое снижение работоспособности.

При аварийных ситуациях и крайне высоких уровнях ЭМИ возникают острые нарушения, сопровождающиеся сердечно-сосудистыми расстройствами с обмороками, резким учащением пульса и снижением артериального давления.

Электромагнитные излучения, уровни которых не превышают ПДУ, но превосходят фоновые, можно рассматривать как стрессирующий фактор. При воздействии таких ЭМИ отмечаются значимые функциональные изменения состояния сердечно-сосудистой и нервной систем. Субъективно человеком отмечаются повышенная раздражительность, утомляемость, головные боли, расстройства сна, памяти. В связи с этим в последнее время особое беспокойство у специалистов в области электромагнитной безопасности вызывают сотовые телефоны и компьютеры, а также различные бытовые радиоэлектронные и электрические приборы.

В пределах радиоволнового диапазона доказана наибольшая активность СВЧ-поля по сравнению с ВЧ и УВЧ.

Нормирование ЭМИ

Нормирование ЭМИ в зависимости от источника излучения, места и условий воздействия производится по различным документам.

Для работающих, подвергающихся в процессе трудовой деятельности профессиональному воздействию электромагнитных полей, нормирование осуществляется [3].

В основу гигиенического нормирования положен принцип действующей дозы, учитывающий энергетическую нагрузку на организм человека.

Для гигиенического нормирования в диапазоне частот до 300 МГц интенсивность ЭМП выражают напряженностью электрического поля E (В/м) и напряженностью магнитного поля H (А/м). В диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц интенсивность ЭМИ характеризуется плотностью потока энергии ППЭ (Вт/м²), т. е. количеством энергии, падающей на единицу площади поверхности.

Таким образом, ЭМИ источников различной частоты характеризуется различными параметрами. Это связано с тем, что ЭМП вокруг любого источника излучения разделяют на 2 зоны: ближнюю - зону индукции и дальнюю – волновую зону. В ближней зоне электромагнитная волна еще не сформирована, и интенсивность ЭМП оценивается двумя параметрами – напряженностью электрического и напряженностью магнитного полей. В дальней (волновой) зоне – зоне сформировавшейся электромагнитной волны, интенсивность ЭМП

оценивается величиной плотности потока энергии. Размеры зон зависят от длины волны. Чем больше частота ЭМИ, тем меньше радиус ближней зоны. Работающие с источниками ЭМИ 4-8-го диапазонов с частотой до 300 МГц (см. табл.7.1) обычно находятся в ближней зоне. При эксплуатации генераторов УВЧ-, СВЧ- и КВЧ- диапазонов (9-11-й диапазоны, частота 300 МГц и выше) работающие часто находятся в дальней волновой зоне за счет малого радиуса ближней зоны.

Существуют исследования, доказывающие различное биологическое воздействие ближней и дальней зон ЭМИ.

Нормирование электромагнитных полей диапазона 30 кГц – 300 ГГц согласно [3] осуществляется по величине энергетической экспозиции ЭЭ.

Энергетическую экспозицию в диапазоне частот 30 кГц-300 МГц рассчитывают по формулам:

$$\begin{aligned} \text{ЭЭ}_E &= E^2 T, (B/m)^2 \cdot \text{ч}; \\ \text{ЭЭ}_H &= H^2 T, (A/m)^2 \cdot \text{ч}, \end{aligned} \quad (7.2)$$

где E - напряженность электрического поля (В/м); H - напряженность магнитного поля (А/м); T - время воздействия за смену (ч).

Энергетическую экспозицию в диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц рассчитывают по формуле

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T, (Bm/m^2) \cdot \text{ч}, \quad (7.3)$$

где ППЭ - плотность потока энергии (Вт/м²); T - время воздействия за смену (ч).

Предельно допустимые значения энергетических экспозиций для диапазона частот 30кГц-300ГГц в соответствии с [3] приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Предельно допустимые значения энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот 30кГц-300ГГц

Параметр	ЭЭ в диапазонах частот (МГц)				
	0,03-3	3-30	30-50	50-300	300-300000
ЭЭЕ (В/м)²ч	20000	7000	800	800	
ЭЭН (А/м)²ч	200	-	0,72	-	
ЭЭППЭ (мкВт/см²)*ч					200

При этом значения напряженностей электрического и магнитного полей и плотность потока энергии не должны превышать максимальных значений, приведенных в табл. 7.4.

Защита от электромагнитных излучений

Защита временем. Данный вид защиты предполагает ограничение времени пребывания в электромагнитном поле и нормирование интервалов времени,

в течение которых человек покидает опасную зону. При этом обеспечивается как не превышение допустимой дозы, так и вовлечение естественных ресурсов организма, которые в отсутствие излучения восстанавливают функции организма. Однако индивидуальная чувствительность данного организма к ЭМП не учитывается, и, следовательно, не уменьшается индивидуальный риск. Такой метод защиты можно считать традиционным.

Таблица 7.4

Максимальные ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП
диапазона частот 30 кГц - 300 ГГц

Параметр	Максимально допустимые значения в диапазонах частот (МГц)				
	0,03-3	3-30	30-50	50-300	300-300000
E (В/м)	500	300	80	80	
H (А/м)	50	-	3	-	
ППЭ (мкВт/см ²)					1000 (5000 при локальном облучении кистей рук)

Защита расстоянием. В данном случае предусматривается удаление источника ЭМИ на некоторое расстояние, которое определяется исходя из нормативов на напряженность поля или плотность потока энергии. Этот метод защиты применяется и на стационарных объектах (радио, телевидение, стационарные передатчики), и на мобильных. Применение выносной антенны или выносной микротелефонной гарнитуры увеличивает расстояние между пользователем и антенной сотового телефона. Благодаря этому снижается поглощенная телом энергия. Кроме того, к защите расстоянием относится выделение санитарно-защитных зон и зон ограничения застройки возле линий электропередачи и мощных радиостанций.

Защита экранированием. Когда недостаточно защиты временем и расстоянием, или когда невозможно применить эти виды защиты, приходится экранировать источники излучения, используя способности проводников изменять конфигурацию электромагнитного поля, ограничивая его распространение или меняя направление распространения. Данный способ защиты следует считать универсальным, поскольку его применение позволяет снизить уровни ЭМИ до любых заранее заданных значений.

Защита блокированием. В данном случае речь идет о применении медикаментозных препаратов, которые блокируют последствия воздействия ЭМИ. Применение препаратов-радиопротекторов допустимо лишь тогда, когда последствия применения этих препаратов окажутся менее опасными, чем собственно воздействие ЭМИ.

Индивидуальная защита человека. При работе в опасных электромагнитных условиях применяются в качестве дополнительных индивидуальные средства защиты человека. При проектировании средств индивидуальной защиты следует помнить о том, что человек должен не просто находиться в них, но и выполнять свои должностные обязанности. То есть средства индивидуальной защиты должны быть удобны для работы в них.

К индивидуальным средствам защиты от ЭМИ относятся: индикаторы поля, переносные экраны, поглощающие покрытия.

Индикаторы поля предназначены для контроля уровня ЭМП. Такие устройства созданы по упрощенной схеме и выполняют функции аварийной сигнализации. Индикаторы звуковые и световые срабатывают при достижении ЭМИ критического значения. Эти устройства имеют небольшие размеры и размещаются в кармане или на поясе. Их применение позволяет человеку выбирать наименее опасные участки при перемещении, например, при обслуживании электрических сетей.

Переносные экраны используют при проведении ремонтных и регламентных работ. Выбор мест их размещения определяется производственными требованиями и обстановкой.

Металлизированные костюмы, плащи, комбинезоны, очки, шлемы обеспечивают дополнительную защиту. Эта спецодежда обеспечивает и электробезопасность. Например, при работе на высоковольтных линиях используется заземленный костюм с металлизированной нитью, который защищает работника от электрического поля и от поражения электрическим током.

Эффективность коллективных и индивидуальных средств защиты определяется по степени ослабления интенсивности ЭМП, выражающейся коэффициентом экранирования (коэффициент поглощения или отражения), и должна обеспечивать снижение уровня излучения до безопасного в течение времени, определяемого назначением изделия.

Контроль эффективности коллективных средств защиты на рабочих местах должен производиться в соответствии с техническими условиями, но не реже одного раза в два года.

Контроль эффективности индивидуальных средств защиты на рабочих местах должен производиться в соответствии с техническими условиями, но не реже одного раза в год.

В целях предупреждения и раннего обнаружения изменений состояния здоровья все лица, профессионально связанные с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП, должны проходить предварительный при поступлении на работу и периодические профилактические медосмотры в соответствии с действующим законодательством.

Лица, не достигшие 18-летнего возраста, и женщины в состоянии беременности допускаются к работе в условиях воздействия ЭМП только в случаях, когда интенсивность ЭМП на рабочих местах не превышает ПДУ, установленных для населения.

2. Алгоритм опыта (эксперимента) и обработки данных

2.1. Описание стенда

Внешний вид стенда представлен на рис. 7.1.

Стенд представляет собой стол, выполненный в виде сварного каркаса со столешницей 1, под которой размещаются сменные экраны 9, используемые для изучения экранирующих свойств различных материалов. На столешнице 1 размещены СВЧ-печь 2 (источник излучения) и координатное устройство 5.

Координатное устройство 5 регистрирует перемещение датчика 6 СВЧ-поля по горизонтальным осям X и Y. Вертикальная координата Z определяется по шкале, нанесенной на измерительную стойку 7, по которой датчик 6 может свободно перемещаться. Это дает возможность исследовать распределение СВЧ-излучения в пространстве со стороны передней панели СВЧ-печи (в зоне наиболее интенсивного излучения).

Датчик 6 выполнен в виде полуволнового вибратора, рассчитанного на частоту 2,45 ГГц и состоящего из диэлектрического корпуса, вибраторов и СВЧ-диода.

Координатное устройство 5 выполнено в виде планшета, на который нанесена координатная сетка. Планшет приклеен непосредственно к столешнице 1. Стойка 7 изготовлена из диэлектрического материала (органического стекла), чтобы исключить искажение распределения СВЧ-поля.

В качестве нагрузки в СВЧ-печи используется строительный красный кирпич, устанавливаемый на неподвижную подставку, в качестве которой используется фаянсовая тарелка, обеспечивающая стабильность измеряемого сигнала.

Сигнал с датчика 6 поступает на мультиметр 8, расположенный на свободной части столешницы 1 (за пределами координатной сетки). Для пересчета показаний мультиметра (мкА) в плотность потока энергии (мкВт/см²) используется соотношение

$$\text{мкА}=(0,35+0,04) \text{ мкВт/см}^2. \quad (7.4)$$

На столешнице 1 имеются гнезда 3 для установки сменных защитных экранов 4, выполненных из следующих материалов:

сетка из оцинкованной стали с ячейками 50 мм,

сетка из оцинкованной стали с ячейками 10 мм,

лист алюминиевый,

полистирол,
резина.

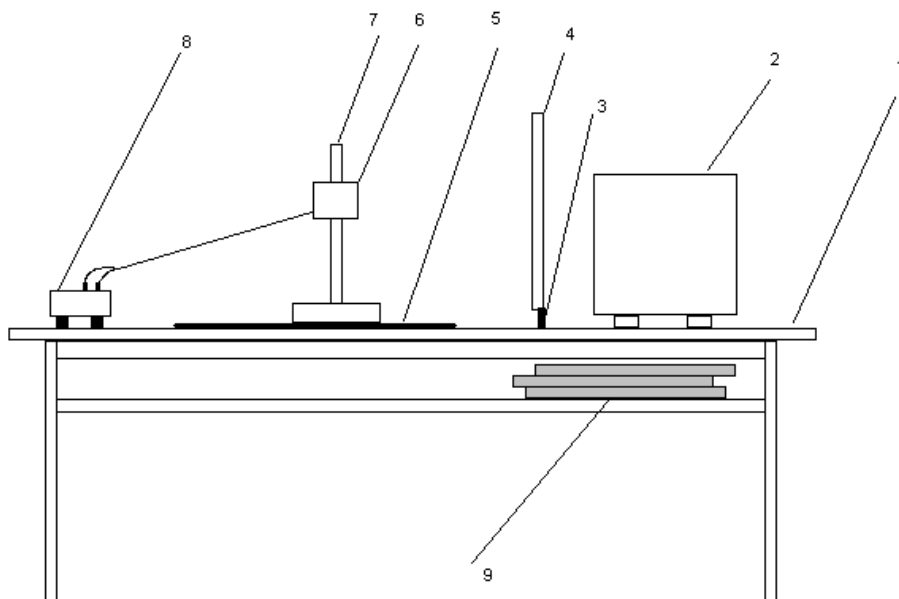


Рис. 7.1. Внешний вид станда: 1 – столешница; 2 – СВЧ-печь; 3 – узел установки сменных защитных экранов; 4 – защитный экран; 5 – координатное устройство; 6 – измеритель плотности потока энергии (датчик); 7 – измерительная стойка; 8 – мультиметр; 9 – сменные защитные экраны

2.2. Последовательность выполнения лабораторной работы

2.2.1. Ознакомиться с мерами безопасности при проведении лабораторной работы и строго выполнять их.

2.2.2. Подготовить таблицы для занесения результатов измерений (табл. 7.5 – 7.7).

2.2.3. Подключить СВЧ-печь к сети переменного тока.

2.2.4. Убедиться в наличии нагрузки в печи (строительный кирпич). Для этого открыть дверцу нажатием прямоугольной клавиши в нижней части лицевой панели.

2.2.5. Включить СВЧ-печь в рабочий режим: плотно закрыть дверцу, установить переключатель «мощность» в крайнее правое положение, установить переключатель «время» в положение «5 мин».

2.2.6. Подключить контакты датчика 6 к клеммам мультиметра «СОМ» и «А», установить регулятор мультиметра в положение «2 м» при виде измерения «постоянный ток» (белая часть шкалы). Включить мультиметр. Мультиметр дает показания в миллиамперах, в таблицу удобнее заносить показания в микроамперах.

2.2.7. Поместить датчик на отметке 0 по оси X координатной системы. Перемещая датчик по оси Y координатной системы и по оси Z (по стойке), с помощью мультиметра зафиксировать значения ППЭ в нескольких (8-12) точках и определить зоны наиболее интенсивного излучения. Данные занести в табл. 7.5.

2.2.8. Поместить датчик в зоне максимального излучения. Перемещая стойку с датчиком по оси X (удаляя от печи до предельной отметки 50 см), снять показания мультиметра дискретно с шагом 20 мм. Данные замеров занести в табл. 7.6.

2.2.9. Разместить датчик на отметке 0 по оси X в точке максимального излучения. Зафиксировать показания мультиметра. Поочередно устанавливать защитные экраны и фиксировать показания мультиметра в той же точке. Занести данные в табл. 7.7. Определить эффективность экранирования для каждого экрана по формуле

$$\delta = \frac{I - I_{\text{э}}}{I} \cdot 100\%, \quad (7.5)$$

где I – показание мультиметра без экрана; $I_{\text{э}}$ – показание мультиметра с защитным экраном.

2.2.10. Помните, что все замеры необходимо выполнить в течение пяти минут, поэтому тщательно продумайте и спланируйте свою деятельность. Не забудьте выключить мультиметр по окончании замеров.

2.2.11. Построить объемный график распределения интенсивности ЭМИ (плотности потока энергии) в вертикальной плоскости перед печью.

2.2.12. Построить график зависимости плотности потока энергии от расстояния до источника ЭМИ.

2.2.13. Построить диаграмму эффективности экранирования в зависимости от материала защитного экрана.

2.3. Указания по подготовке отчета

В отчет о лабораторной работе должны войти:

- название и цель лабораторной работы,
- схема лабораторного стенда,
- данные измерений и расчетов (табл. 7.5 – 7.7),
- графики распределения интенсивности ЭМИ в пространстве и диаграмма эффективности экранирования в зависимости от вида материала защитных экранов,
- выводы по лабораторной работе.

3. Выводы

Сравнить измеренные уровни с ПДУ для данного вида излучения. Рассчитать величину энергетической экспозиции для полного рабочего дня (8 ч)

для максимальной измеренной интенсивности ЭМИ. Сравнить полученные данные с предельно допустимыми значениями. При необходимости рассчитать предельно допустимое время контакта с ЭМИ данной интенсивности за рабочую смену.

4. Требования к технике безопасности при проведении работы

Работа выполняется бригадой студентов в количестве не более двух человек.

К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством и принципом действия лабораторного стенда, мерами безопасности при проведении лабораторной работы.

Запрещается работать с открытой дверцей СВЧ-печи.

Запрещается самостоятельно регулировать или ремонтировать дверь, панель управления, выключатели системы блокировки или какие-либо другие части печи. Ремонт производится только специалистами.

СВЧ-печь должна быть заземлена.

Не допускается включение и работа без нагрузки. Рекомендуется в перерывах между рабочими циклами оставлять в печи кирпич. При случайном включении печи он будет исполнять роль нагрузки.

Продолжительность работы печи составляет не более пяти минут, продолжительность перерыва между циклами работы - не менее 30 мин.

5. Форма отчета

Форма отчета по лабораторной работе представлена в табл. 7.5 – 7.7.

Таблица 7.5

Результаты измерений и расчетов

Номер измерения	Координата		Интенсивность излучения	
	Y, см	Z, см	показания мультиметра, мкА	ППЭ, мкВт/см ²
1				
2				
...				
n				

Примечание. Координата X равна 0

Таблица 7.6

Результаты измерений и расчетов

Номер измерения	Расстояние до источника СВЧ-излучения (координата X), мм (Y=_____, Z=_____)	Интенсивность излучения	
		показания мультиметра, мкА	ППЭ, мкВт/см ²
1	0		
2	20		
...	...		
26	500		

Таблица 7.7

Результаты измерений и расчетов

Материал защитного экрана	Показания мультиметра, мкА	Эффективность экранирования
Без экранирования		
Сетка из оцинкованной стали, ячейка 50 мм		
Сетка из оцинкованной стали, ячейка 50 мм		
...		
Резина		

6. Вопросы для контроля готовности к выполнению работы

1. Каким соотношением связаны длина электромагнитной волны и частота ЭМИ?
2. Расположите виды электромагнитного излучения в порядке увеличения частоты ЭМИ. 1 – рентгеновское излучение; 2 – ультрафиолетовое излучение; 3 – видимый свет; 4 – ЭМИ токов промышленной частоты; 5 – радиоволны; 6 – гамма-излучение; 7 – инфракрасное излучение.
3. Каков частотный диапазон радиоволн?
4. Каков частотный диапазон СВЧ-излучения?
5. Как связана энергия ЭМИ с частотой ЭМИ?
6. Какие величины характеризуют интенсивность ЭМИ?
7. Как долго в течение 8-часовой смены работник может находиться в зоне СВЧ-излучения с плотностью потока энергии 1000 мкВт/см² при облучении всего тела?
8. Как определяется эффективность средств защиты от ЭМИ?
9. В каком случае допускаются к работе в условиях воздействия ЭМП лица, не достигшие 18-летнего возраста, и женщины в состоянии беременности?

7. Вопросы для самопроверки готовности к защите лабораторной работы

1. В зависимости от чего электромагнитное излучение подразделяется на неионизирующее и ионизирующее?
2. Назовите основные источники ЭМИ в промышленности и укажите частотные диапазоны, в которых они работают.
3. В чем причина биологического воздействия ЭМИ на организм человека?
4. От чего зависит поглощение электромагнитной энергии организмом человека?
5. Какого рода биологические эффекты наблюдаются при поглощении телом энергии ЭМИ?
6. Чем определяется степень и характер воздействия ЭМИ на организм человека?
7. К каким заболеваниям и изменениям в организме человека может привести воздействие ЭМИ?
8. С чем связано применение различных параметров ЭМИ (напряженностей электрического и магнитного полей и плотности потока энергии) в гигиеническом нормировании ЭМИ?
9. По каким величинам осуществляется нормирование электромагнитных полей диапазона 30 кГц – 300 ГГц?
10. Как рассчитывается величина энергетической экспозиции для диапазонов 30-кГц – 300 МГц и 300 МГц – 300 ГГц?
11. Назовите принципы защиты от ЭМИ.
12. Перечислите средства индивидуальной защиты от ЭМИ.

Литература: [1-3].

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Титаренко, И.Ж. Производственная санитария и гигиена труда: учеб. пособие / И.Ж. Титаренко. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2007. – 287 с.
2. Глебова, Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: учеб. пособие для вузов / Е.В. Глебова. – Москва: Высш. шк., 2007. – 382 с.
3. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
4. ГОСТ 12.4.123-83. ССБТ. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
5. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – Москва: Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.
6. Справочная книга для проектирования электрического освещения / под ред. Г.М. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976. – 384 с.
7. ГОСТ 12.1.003. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
8. Борьба с шумом на производстве: справочник / под общ. ред. Е.Я. Юдина. – Москва: Машиностроение, 1985. – 400 с.
9. Дроздов, В.Ф. Отопление и вентиляция: в 2 ч. – Москва: Высш. шк., 1984. - Ч.2. Вентиляция. – 263 с.
10. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных предприятий / М.И. Гримитлин [и др.] – Москва: Машиностроение, 1993. – 288 с.
11. ГОСТ 12.3.018. ССБТ. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний.
12. Агафонов, Е.П. Наладка систем промышленной вентиляции / Е.П. Агафонов. – Москва: Стройиздат, 1978. – 136 с.
13. Безопасность производственных процессов: справочник / под общ. ред. С.В. Белова. – Москва: Машиностроение, 1985. – 448 с.

Локальный электронный методический материал

Титаренко Ирина Жоржевна

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

Редактор И. В. Голубева

Уч.-изд. л. 7,3. Печ. л. 7,0.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1