

Лабораторная работа № 1

Пожароопасные свойства веществ и первичные средства пожаротушения

Цель работы

- 1 Изучить пожарные характеристики веществ и материалов, категории производства по пожарной опасности.
- 2 Определить температуру вспышки вещества.
- 3 Изучить первичные средства огнетушения.

Общие сведения

На предприятиях для различных технологических целей используются огнеопасные и взрывоопасные твердые материалы, жидкости и газы. Их основными пожарными характеристиками являются температуры вспышки, воспламенения, самовоспламенения, концентрационные пределы воспламенения.

Под **температурой вспышки** понимают самую низкую температуру жидкости, при которой над ее поверхностью образуется паровоздушная смесь, способная вспыхивать от источника зажигания, но скорость образования ее недостаточна для последующего горения. В зависимости от температуры вспышки жидкости по степени пожарной опасности разделяют на две группы – легковоспламеняющиеся и горючие жидкости.

Жидкости, имеющие температуру вспышки паров 61°C и ниже, называются **легковоспламеняющимися (ЛВЖ)**, а выше 61°C – **горючими жидкостями (ГЖ)**. Исходя из этой классификации помещения, в которых используются или хранятся ЛВЖ или ГЖ, считаются соответственно взрывоопасными или пожароопасными.

Температурой воспламенения называется температура горючего вещества (жидкости), при которой оно загорается от открытого источника огня и продолжает стойкое спокойное горение после удаления этого источника. При этом виде горения выделяется количество теплоты, достаточное, чтобы вызвать новое образование паров и газов в результате испарения и поддерживать горение до тех пор, пока не сгорит все вещество.

Под температурой **самовоспламенения** понимают самую низкую температуру вещества, материала, смеси, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся горением с пламенем. Температуру самовоспламенения горючих материалов, веществ и жидкостей определяют по той же методике, что и температуру воспламенения, но при этом инициирование пламени открытым источником зажигания не осуществляется.

В производственных помещениях пары ЛВЖ и ГЖ, а также горючие газы могут образовать при определенной концентрации взрывчатые смеси.

Наименьшую концентрацию паров жидкостей или газов в воздухе, при которой они воспламеняются от открытого огня, называют **нижним пределом воспламенения (НПВ)**. Концентрацию, выше которой пары и газы не воспламеняются, называют **верхним пределом воспламенения (ВПВ)**. Область концентрации между нижним и верхним пределами воспламенения называют областью или диапазоном воспламенения. Горючие пыли или волокна при определенной их концентрации в воздухе также могут воспламеняться от открытого источника зажигания. Поэтому такая характеристика, как **концентрационные пределы воспламенения**, используются для оценки их пожарной опасности. Верхние пределы воспламенения пыли настолько высоки, что для практических условий они недостижимы и в связи с этим не регламентируются. Концентрационные пределы воспламенения для газов и паров измеряются в процентах, для пылей – в граммах на кубический метр.

Самовозгорание - это начало горения вещества, материала или смеси без воздействия открытого источника зажигания вследствие резкого увеличения скорости экзотермических реакций. В зависимости от причин самовозгорание бывает химическим, микробиологическим и тепловым. Для условий машиностроительного производства микробиологическое самовозгорание не является характерным. Химическое самовозгорание возникает при действии на вещества кислорода воздуха, воды или при взаимодействии веществ. Нередки пожары из-за самовозгорания промасленных тряпок, пакли, ваты и даже металлической стружки. Тепловое самовозгорание – это самовозгорание при нагреве материала выше температуры самовоспламенения.

Материалы по возгораемости делятся на несгораемые, сгораемые и трудносгораемые. **Несгораемые** материалы под действием огня или высокой температуры не воспламеняются, не горят и не обугливаются (неорганические материалы, металлы, гипсовые конструкции). **Сгораемые** материалы под действием огня или высокой температуры воспламеняются, тлеют или обугливаются и продолжают гореть, тлеть или обугливаться после удаления источника зажигания (все органические материалы). **Трудносгораемые** материалы под действием огня или высокой температуры воспламеняются, тлеют или обугливаются и продолжают гореть или тлеть только при наличии источника зажигания, а после его удаления горение или тление прекращается. К ним относятся материалы, состоящие из несгораемых и сгораемых составляющих (асфальтовый бетон, цементный фибролит; некоторые полимерные материалы и пенопласты).

Обеспечение пожарной и взрывной безопасности промышленных объектов зависит от пожаровзрывобезопасности веществ и материалов, которые там используются, а также их количества. Согласно ОНТП 24-8 помещения и здания по взрывной и пожарной опасности делят на пять категорий.

Категория А – производства, в которых находятся в обращении горючие газы с НПВ до 10%, жидкости с температурой вспышки паров до 28°C

при условии, что указанные газы и жидкости могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения; вещества, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом.

Категория Б - производства, в которых находятся в обращении горючие газы с НПВ более 10% к объему воздуха; жидкости с температурой вспышки паров от 28 до 61°C (включительно); жидкости, нагретые в условиях производства до температуры вспышки и выше, горючие пыли или волокна с НПВ до 65 г/м³, при условии, что указанные газы, жидкости и пыли могут образовать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема помещения.

Категория В - производства, в которых находятся в обращении жидкости с температурой вспышки паров выше 61°C; горючие пыли или волокна с НПВ более 65 г/м³ к объему воздуха; вещества, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом; твердые сгораемые вещества и материалы.

Категория Г - производства с применением несгораемых веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; твердых, жидких и газообразных веществ, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Категория Д - производства с применением несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

Пожарная безопасность промышленных объектов обеспечивается системой предотвращения пожаров, системой противопожарной защиты и организационно-техническими мероприятиями.

Методы тушения пожаров:

- 1) снижение температуры горящего вещества;
- 2) снижение концентрации окислителя (изоляция очага горения от воздуха или снижение процентного содержания кислорода путем разбавления воздуха негорючими газами);
- 3) химическое торможение реакции горения (ингибирование);
- 4) механический сбив пламени (отрыв пламени в результате воздействия на него сильной струи газа или воды).

Средствами тушения пожаров являются вода, пены (механические и химические), водные эмульсии различных химикатов, водяной пар, инертные гасящие вещества (углекислый газ, азот, дымовые газы), хладоны и порошки.

Чаще всего применяется **вода**. При этом используется ее охлаждающее действие, механическое воздействие на пламя, разбавление воздуха и газов паром (объем пара в 1750 раз больше объема испарившейся воды). Водой

нельзя тушить электроустановки под напряжением и легкие нефтепродукты, т.к. они плавают на ее поверхности.

Химическая пена применяется для тушения ЛВЖ и ГЖ и всех других веществ, которые можно тушить водой. Химическая пена состоит (по объему): из 80% углекислого газа, 19,7% воды и 0,3% пенообразующего вещества. Характеристики пены: удельная масса около $0,2 \text{ г/см}^3$, кратность (отношение объема пены к объему продуктов, из которых они получены) около 5, стойкость (время с момента образования до ее полного распада) около 40 мин. При тушении пожаров ЛВЖ и ГЖ пена, покрывая поверхности, изолирует их от окружающего воздуха, а углекислый газ, освобождающийся вследствие разрушения пузырьков пены, снижает концентрацию кислорода в окружающем воздухе.

Воздушно-механическая пена может быть низкой (до 20), средней (до 300) и высокой (до 1000) кратности. Пену низкой кратности применяют для тушения нефтепродуктов (кроме гидрофильных - ацетона, спирта и др.), многих твердых веществ и материалов, а также для защиты конструкций, аппаратов и другого оборудования от теплового излучения при пожаре. Пена средней кратности (в пределах от 80 до 150) является основным средством тушения нефтепродуктов и других ЛВЖ и ГЖ (кроме гидрофильных), а также твердых материалов и веществ. Она хорошо защищает предметы и материалы от воспламенения, ее стойкость примерно 3-5 мин. Чем больше кратность пены, тем меньше ее стойкость и наоборот, поэтому пена высокой кратности имеет весьма ограниченное применение.

Водяной пар широко используется на металлургических предприятиях для тушения пожаров в маслоподвалах. Чтобы потушить огонь водяным паром в помещении, где произошел пожар, необходимо создать концентрацию пара 35%.

Углекислый газ - широко применяемое средство для тушения пожаров. При давлении в 6 МПа он обращается в жидкое состояние, в котором его хранят в баллонах углекислотных огнетушителей. При выходе из огнетушителя, превращаясь в газообразное состояние, углекислый газ колоссально увеличивает свой объем и охлаждается до температуры минус 50°C , охлаждая горящее вещество и изолируя его от доступа воздуха. Из 1 кг жидкой углекислоты образуется 506 л газа. Углекислый газ применяется для тушения пожаров электроустановок, находящихся под напряжением, небольших количеств горючих жидкостей на экскаваторах, насосно-аккумуляторных станциях, в лабораториях, библиотеках, архивах и т.п. Углекислый газ не может применяться для тушения некоторых веществ. Такие металлы, как натрий, калий, бериллий, кальций и др., горят в атмосфере CO_2 . Для тушения этих металлов применяют азот или аргон.

Азот так же, как и углекислый газ, снижает содержание кислорода в воздухе, окружающем горящее вещество, в результате чего прекращается го-

рение. Его огнетушащая концентрация должна быть не менее 31% от объема, в котором должно быть обеспечено тушение пожара. Азот чаще всего применяют для предупреждения воспламенения масла в крупных закалочных ваннах (например, при термообработке рельсов, балок), тушения пожаров в кислородопроводах, предупреждения взрыва в установках защитного газа при термической обработке металла.

С некоторыми металлами (магний, алюминий, цирконий, литий) азот может образовывать нитриды металлов, обладающие взрывчатыми свойствами и чувствительностью к ударам. В этих случаях для тушения пожара применяется **аргон**.

Эффективным средством пожаротушения являются галоидоуглеводороды (**хладоны**), которые тормозят химические реакции горения, то есть оказывают ингибирующее действие.

Порошковые составы предназначены для тушения металлов (калия, натрия, лития, магния и др.), нефтепродуктов и других горючих веществ. Сущность тушения порошками заключается в создании воздухо-непроницаемого слоя, изолирующего горящую поверхность от поступления воздуха. Достоинство порошковых составов заключается в том, что после тушения поверхность металла остается покрытой защитным слоем порошка, препятствующим повторному воспламенению. Недостатки этих составов - сравнительно низкая огнетушащая способность вследствие плохого охлаждающего действия, гидрофильность многих порошков, что приводит к их слеживаемости при хранении.

Первичные средства служат для тушения пожаров в начальной стадии их развития до прибытия пожарных подразделений. К ним относят ручные, передвижные и стационарные огнетушители; бочки с водой, укомплектованные ведрами; ящики с песком, укомплектованные совковыми лопатами; асбестовые, грубошерстные полотна, войлок размером не менее 1x1 м, ломы, багры, топоры, ножницы для резки решеток и др. Промышленные объекты имеют внутреннюю и внешнюю системы водоснабжения.

В настоящее время применяют **огнетушители** различных типов, подразделяющиеся по виду огнетушащих средств на углекислотные, химические пенные, воздушно-пенные, хладоновые, порошковые и комбинированные.

Углекислотные огнетушители делят на ручные, стационарные и передвижные. Огнетушащим средством в них является сжиженный углекислый газ, поэтому они предназначены для тушения разнообразных пожаров. Пригодны для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В, и могут быть использованы при температуре окружающего воздуха 25...50°С. **Химические пенные** огнетушители предназначены для тушения очагов пожаров твердых материалов, а также различных горючих жидкостей на площади до 1 м², за исключением электроустановок, находящихся под напряжением, а также щелочных металлов. **Воздушно-пенные** ог-

нетушители выпускаются ручные, передвижные и стационарные. Они предназначены для тушения загораний различных веществ, материалов, исключая щелочные металлы и электроустановки, находящиеся под напряжением, могут применяться при температуре окружающего воздуха 5...50°0. **Хладонные** огнетушители предназначены для тушения загораний на легковом, специальном транспорте, в производственных помещениях и в быту. Промышленность выпускает огнетушители: аэрозольные хладонные (огнетушащим средством их является фреон), углекислотные – бромэтиловые и стационарные – специальные. **Порошковые** огнетушители выпускаются: ручные, передвижные, стационарные, комбинированные. Они предназначены для тушения загораний различных твердых материалов и веществ, ЛВК и ГЖ, щелочноземельных металлов; электроустановок до 1000 В, находящихся под напряжением.

Необходимое количество первичных средств пожаротушения для помещений, сооружений, установок и складов промышленных предприятий определяется согласно «Правилам пожарной безопасности в Украине».

Определение температуры вспышки горючих жидкостей

Определение температуры вспышки проводят с помощью **прибора ПВНЭ**, состоящего из тигля с крышкой и ванны с электронагревом. На крышке тигля расположены: заслонка с механизмом ее перемещения, фитиль, наклонная трубка для термометра и мешалка с гибким валом. Ванна состоит из корпуса, закрытого крышкой, в центре которого расположен стакан с нагревателем. По дну и боковой поверхности стакана уложена спираль нагревателя. Снизу на корпусе имеется винт для заземления прибора. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В через реостат.

Подготовка прибора к работе. Перед началом работы необходимо убедиться, что прибор отключен от электросети. После этого следует проверить, есть ли в тигле горючая жидкость для проведения исследования, для чего поднять крышку прибора за рукоятку. Если есть необходимость, то нужно заменить или долить исследуемую жидкость до кольцевой риски, нанесенной на внутреннюю поверхность тигля; для выполнения этих операций тигель должен быть извлечен из прибора. Вынимать и вставлять тигель необходимо с помощью специального ухвата, который входит в комплект прибора. Перед наполнением прибора исследуемая жидкость и тигель должны иметь температуру, не менее чем на 20°С ниже предполагаемой температуры вспышки. При испытании нефтепродуктов с температурой вспышки до 50°С нагревательная ванна должна быть предварительно охлаждена до комнатной температуры. После того, как тигель с помощью ухвата установлен в

нагревательную ванну, закрыть крышкой прибор и вставить термометр в гнездо. Прибор готов к работе.

Порядок выполнения работы.

Подключить прибор в электросеть и нагревать испытуемую жидкость, следя за показаниями термометра. При температуре нефтепродукта на 10°C ниже ожидаемой температуры вспышки зажечь фитиль и проводить испытания на вспышку. Эта операция выполняется при наклоне горящего фитиля в прорезь крышки, что достигается вращением рукоятки. При этом для жидкостей с температурой вспышки до 50°C проверку на вспышку производить на каждом градусе показания термометра, для жидкостей с большей температурой вспышки - через два градуса.

Жидкость во время испытания на вспышку непрерывно перемешивать. Перемешивание прекратить в момент вспышки, открывая при этом отверстие крышки на 1 с. Если вспышка не произойдет, следует производить дальнейшее нагревание и перемешивание жидкости. Вспышкой считается появление голубого пламени, быстро пробегающего по поверхности нефтепродукта.

Если во время испытаний барометрическое давление отличалось от нормального (101325 Па), то в полученное значение температуры вспышки необходимо внести поправку Δt , определяемую по формуле

$$\Delta t = 3 \cdot 10^{-4} (101325 - P), \quad (I)$$

где P - фактическое барометрическое давление, Па.

Величина давления определяется по барометру в миллиметрах ртутного столба, а для расчетов по формуле (I) барометрическое давление переводится в паскали. Вычисления производить с точностью до 1°C. Если барометрическое давление ниже 101325 Па, поправку следует прибавлять, если выше - вычитать. Экспериментальные и расчетные данные занести в табл. 1.1 [1].

По результатам определения температуры вспышки установить, к какому классу (ЛВЖ или ГЖ) относится испытуемая жидкость и к какой категории по пожарной опасности будет относиться производство, где обращаются и используются подобные нефтепродукты.

Вопросы

- 1 Чем определяется пожарная опасность веществ и материалов?
- 2 Каковы пожарные характеристики жидкостей, газов и пылей?
- 3 Охарактеризовать причины самовозгорания. Дать определение температурам вспышки, воспламенения и самовоспламенения.
- 4 Дать характеристику несгораемых, сгораемых и трудносгораемых материалов.
- 5 По каким признакам определяют категорию производств по пожарной опасности?
- 6 Какие методы и средства тушения пожаров вы знаете? Дать характеристику основным средствам тушения.

- 7 Дать характеристику основным видам огнетушителей. Каковы их области применения?
- 8 Дать характеристику взрывоопасным и пожароопасным зонам.
- 9 Охарактеризовать систему предупреждения пожаров и противопожарной защиты.

Лабораторная работа № 2

Измерение и расчет основных параметров шума

Цель работы

- 1 Получить навыки замера и оценки основных параметров производственного шума.
- 2 Ознакомиться с принципом расчета уровня шума от нескольких источников.

Общие сведения

Шумом принято считать всякий нежелательный для человека звук, несущий полезной информации. Шум на производстве снижает производительность труда, особенно при выполнении точных работ, маскирует опасность от движущихся механизмов, затрудняет разборчивость речи, приводит к профессиональной тугоухости, а при больших уровнях шума может привести к механическому повреждению органов слуха. Шум в бытовых условиях, особенно в ночное время, мешает нормальному отдыху.

Характеристиками шума являются интенсивность шума I , звуковое давление P , звуковая мощность N , уровень интенсивности звука L_I , уровень звукового давления L_P , уровень звуковой мощности L_N , частота колебаний и направленность источника шума.

Уровень (L) - это относительная величина, введенная для удобства оценки шума, т.к. абсолютные значения характеристик шума могут изменяться в очень широких пределах, а восприятие шума ухом человека подчиняется логарифмической зависимости (ухо реагирует на относительные изменения):

$$L_I = 10 \lg I / I_0, \quad L_P = 20 \lg P / P_0, \quad L_N = 10 \lg N / N_0.$$

В этих формулах I , P , N – фактические значения, I_0 - интенсивность звука на пороге слышимости, равная 10^{-12} Вт/м², а значения P_0 и N_0 принимают такими ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, $N_0 = 10^{-12}$ Вт), чтобы для одного и того же звука выполнялось условие

$$L_I = L_P = L_N.$$

Единица измерения уровней - децибел. Одному белу соответствует увеличение интенсивности звука на пороге слышимости в 10 раз. Звуковые волны начинают вызывать болевые ощущения при значениях давления 200 Па или интенсивности звука 100 Вт/м², что соответствует уровню интенсивности звука (звукового давления) 140 дБ.

Оценка громкости звука человеком зависит не только от уровня интенсивности, но и от **частоты колебаний**. Для оценки субъективного восприятия человеком звуков разной частоты введены частотно-корректированные

характеристики шумомеров А, В и С. Характеристика А позволяет дать интегральную оценку уровня шума, близкую к оценке этого шума человеком.

Шум может быть представлен в виде суммы гармонических колебаний. Разложение шума на гармонические составляющие (на отдельные тона) называется спектральным анализом. В зависимости от характера шума его спектр может быть дискретным (тональным), непрерывным (широкополосным) или смешанным. Звуковой диапазон частот делится на 3 области: низкочастотную (16 - 400 Гц), среднечастотную (400 - 1000 Гц) и высокочастотную (1000 - 20000 Гц). Наиболее чувствительно ухо к колебаниям в диапазоне частот от 1000 до 3000 Гц.

По временным характеристикам шумы бывают: постоянные (уровень меняется не более чем на 5 дБ А за 8-часовой рабочий день), непостоянные (прерывистые, импульсные, колеблющиеся во времени).

По происхождению шум может быть: механический, аэродинамический, гидродинамический, электромагнитный.

Нормирование шумов в производственных помещениях осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-89 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности». При нормировании шума используют 2 метода: нормирование по предельному спектру шума и нормирование уровня звука в децибелах по шкале А - дБА. Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот и эквивалентные уровни звука на рабочих местах согласно ГОСТ 12.003-76 представлены в табл.1.

Таблица 1 – Допустимые уровни звукового давления

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Эквивалентный уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов ЭВМ, лабораторий для теоретических работ	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения и участки точной сборки	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственном помещении	99	92	86	83	80	8	6	4	85
--	----	----	----	----	----	---	---	---	----

Для снижения шума применяют следующие методы: уменьшение шума в источнике; изменение направленности излучения; рациональная планировка предприятий и цехов; акустическая обработка помещений; уменьшение шума на пути его распространения. Наиболее рациональный метод - уменьшение шума в источнике путём совершенствования технологических процессов и оборудования. Часто снижение шума достигается путём звукоизоляции источника и установки глушителей. Снижение шума также можно обеспечить путём рациональной планировки предприятий и цехов. При этом наиболее шумные цехи должны быть сконцентрированы в одном-двух местах. Расстояние между шумными цехами и тихими помещениями должно обеспечивать необходимое снижение звуков. Внутри здания тихие помещения нужно располагать вдали от шумных так, чтобы их разделяло несколько других помещений или ограждение с хорошей звукоизоляцией. Наиболее шумные машины и механизмы закрывают звукоизолирующими кожухами, экранами и кабинами, локализуя таким образом источник шума. В тех случаях, когда невозможно изолировать шумные машины, или в связи с необходимостью следить за рабочим процессом пульт управления машин заключают в звукоизолированную кабину со смотровым окном, при этом помещение кабины акустически обрабатывают.

Таким образом, снижение шума может быть достигнуто:

- техническими средствами борьбы с шумом (применением технологических процессов, при которых уровень звукового давления на рабочих местах не превышает допустимых норм; уменьшением шума в источнике; уменьшением шума по пути его распространения и др.);
- строительно-акустическими мероприятиями;
- применением дистанционного управления шумными машинами;
- применением средств индивидуальной защиты;
- организационными мероприятиями (выбором рационального режима труда и отдыха, сокращением времени нахождения в шумных условиях);
- лечебно – профилактическими мероприятиями.

Акустические расчеты заключаются в определении уровня шума в расчетных точках. Если в расчетную точку попадает шум от нескольких источников, то суммарный уровень шума $\sum L$, дБ, находится по формуле

$$\sum L = 10 \lg(10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2} + \dots + 10^{0.1L_n}) = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} \quad (2)$$

Если $\sum L$ определяется для n одинаковых (равношумовых) источников, то формула (2) упрощается:

$$\sum L = L_1 + 10 \lg n, \quad (3)$$

где n – количество равношумовых источников.

При определении уровня шума, приходящего в расчетную точку от источника шума, находящегося на расстоянии r , можно пользоваться выражением

$$L_r = L_i - 10 \lg 2\pi r^2, \quad (4)$$

где L_r - уровень шума в расчетной точке, дБ;

L_i - уровень шума в источнике, находящемся на расстоянии r , м, от расчетной точки, дБ.

Измерение параметров производственного шума

Измерение уровня шума осуществляется с помощью прибора - шумомер. Принцип его действия основан на преобразовании звуковых колебаний в электрическое напряжение, которое усиливается, выпрямляется и измеряется стрелочным прибором, проградуированным в децибелах.

Внимание! Рабочее положение прибора горизонтальное.

Порядок подготовки шумомера Ш – 71 следующий:

- Нажать кнопку «Вкл.». Индикация включенного состояния прибора осуществляется вспышками неоновой лампы на лицевой панели.

- Нажать кнопку «Бат.», убедиться, что стрелка прибора находится в пределах контрольного сектора.

- Нажать кнопку «ПР» и проверить положение стрелки на шкале прибора. По истечении времени самопрогрева (1 мин) она должна находиться на контрольной метке «А».

- Установить микрофон. Нужно иметь в виду, что присоединительный разъем, смонтированный на приборе неподвижно, закреплен к его корпусу, вращается только наружная коническая гайка. При подключении разъема микрофона к прибору следует вначале сочленить разъем по шлицевому соединению, а затем, удерживая микрофон неподвижно, наворачивать (против хода часовой стрелки) на него гайку разъема, закрепленного на приборе. При измерении шумов до 60 дБ включить кнопку «А» на левой панели, выше 60 дБ – включить кнопку «С». Для включения нужного предела изменений использовать набор кнопок на правой панели. Для демпфирования показаний стрелки прибора включить кнопку на левой панели.

После проделанных операций прибор к работе готов. Замеры производить на объектах указанных преподавателем на расстоянии 1 м от источника шума. Для выключения прибора необходимо все кнопки привести в исход-

ное положение: кнопки с зависимой фиксацией – путем легкого нажатия рядом расположенной кнопки, а кнопки с независимой фиксацией «Вкл.» и «F» - путем повторного их нажатия.

На стенде для выполнения лабораторной работы установлены три источника шума. Источник шума № 3 закрыт звукоизолирующим кожухом, в котором вырезан проем, закрывающийся пластинами из различных материалов.

Порядок проведения замеров следующий:

1 Замерить уровень шума в аудитории, затем поочередно уровень шума от источников № 1 и 2, затем уровень шума, который создают источники № 1 и 2 при одновременной работе. Данные занести в табл. 2.1 [1].

2 Определить расчетным путем по формуле (2) суммарный уровень шума, который создают источники шума № 1, 2 и фоновый шум в аудитории и сравнить вычисленное значение с измеренным.

3 Произвести замеры уровня шума от источника № 3 вначале при открытом проеме, затем, закрывая проем пластинами из материалов по указанию преподавателя. Данные замеров занести в табл. 2.2 [1]. Рассчитать уменьшение уровня шума различными материалами.

Расчет параметров производственного шума

Для освоения методики расчета производственного шума каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Задача. Определить общий уровень звуковой мощности шума $\sum L$ от оборудования в расчетной точке для производственного помещения. Рассчитать требуемое снижение шума на данном рабочем месте. Исходные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Исходные данные для индивидуального задания

Предпоследняя цифра варианта	Характеристика источников шума						Последняя цифра варианта	Характеристика источников шума 3-й группы		
	1-я группа			2-я группа				L _i	n	r
	L _i	n	r	L _i	n	r				
0	80	6	5	85	3	8	0	95	5	7
1	72	5	10	90	3	9	1	90	6	4
2	75	4	8	80	5	7	2	78	3	5
3	86	5	20	99	5	6	3	82	5	6
4	90	3	10	76	4	5	4	85	8	5
5	88	4	15	83	3	4	5	74	9	3
6	105	3	16	92	4	9	6	89	4	7

7	103	2	12	90	4	8	7	83	6	5
8	102	6	5	85	3	7	8	90	2	9
9	70	4	18	80	5	6	9	75	8	6

Примечание. В таблице использованы следующие обозначения:
 L_i - уровень звуковой мощности каждого из равношумовых источников, дБ;
 n – количество равношумовых источников;
 r – среднее расстояние от расчетной точки до группы равношумовых источников, м.

В решении задачи привести эскиз расположения групп источников шума относительно расчетной точки. Изменением расстояния до источника и затуханием звука в пределах каждой группы можно пренебречь.

Порядок выполнения индивидуального задания

- 1 Составить эскиз расчетной схемы задачи.
- 2 Определить суммарный уровень шума в пределах каждой группы равношумовых источников по формуле (3).
- 3 Определить уровень шума в расчетной точке, создаваемый каждой группой источников в отдельности, по формуле (4).
- 4 Произвести суммирование уровней звуковой мощности всех групп источников шума для расчетной точки по формуле (2).
- 5 Сравнить полученный результат с допустимым уровнем шума и найти в необходимых случаях требуемое снижение уровня шума для данного рабочего места.

Вопросы

- 1 Что такое производственный шум? Какое влияние производственный шум оказывает на человека, какие заболевания может вызывать?
- 2 Охарактеризовать основные виды и характеристики шума.
- 3 С какой целью введена характеристика «уровень шума»?
- 4 Как подразделяются шумы по временным факторам?
- 5 Охарактеризовать методы защиты работающих от шума.
- 6 Каков принцип работы шумомера Ш – 71?
- 7 В чем заключается нормирование производственного шума? В каких случаях применяют нормирование шума по эквивалентному уровню?
- 8 Что такое направленность источника шума? Какие показатели используются для характеристики направленности источника шума?
- 9 Среднегеометрическая частота октавы. Где она используется и что характеризует?

Лабораторная работа № 3

Исследование метеорологических условий производственных помещений

Цель работы

- 1 Изучить нормативы параметров микроклимата производственных помещений.
- 2 Изучить устройство и работу приборов для измерения давления, температуры, влажности и скорости движения воздуха.
- 3 Научиться проводить анализ метеорологических условий производственных помещений по результатам наблюдений.
- 4 Освоить методику расчета количества воздуха, необходимого для подачи общеобменной вентиляции с целью обеспечения оптимальных значений параметров микроклимата.

Общие сведения

Основными параметрами микроклимата, влияющими на жизнедеятельность и работоспособность человека, являются температура производственного помещения, относительная влажность и скорость движения воздуха.

Необходимость учета основных параметров микроклимата может быть объяснена на основании рассмотрения теплового баланса между организмом человека и окружающей средой производственных помещений. Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой. Для того, чтобы физиологические процессы в его организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна отводиться в окружающую человека среду. Соответствие между количеством этой теплоты и охлаждающей способностью среды характеризует ее как комфортную. В условиях комфорта у человека не возникает беспокоящих его температурных ощущений холода или перегрева. Отдача теплоты организмом человека в окружающую среду происходит в результате теплопроводности, конвекции, излучения, испарения влаги с поверхности кожи. Часть теплоты расходуется на нагрев вдыхаемого воздуха. Количество теплоты, отдаваемое организмом человека различными путями, зависит от величины того или иного параметра микроклимата.

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования» устанавливает оптимальные и допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для рабочей зоны производственных помещений.

Нормирование параметров микроклимата осуществляют в зависимости от времени года, категории работ, характеристики производственного помещения по избыткам явной теплоты.

По временам года различают холодный и переходный **периоды** со среднесуточной температурой наружного воздуха ниже 10° С; теплый период с температурой 10° С и выше.

Все работы **по тяжести** разделяются на категории:

- легкие физические (категория I) с энергозатратами до 138 Дж/с (категория Ia), с энергозатратами от 138 до 172 Дж/с (категория Ib); к ним относятся, например, основные процессы точного приборостроения и машиностроения;

- физические средней тяжести (категория II) с энергозатратами от 172 до 232 Дж/с (категория IIa), с энергозатратами от 232 до 293 Дж/с (категория IIб), к ним относятся работы в механосборочных, механизированных литейных, прокатных, термических цехах и т.п.;

- тяжелые физические (категория III) с энергозатратами более 293 Дж/с, к ним относятся работы, связанные с систематическим физическим напряжением и переносом значительных (более 10 кг) тяжестей, - в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных с ручной набивкой и заливкой опок и т.п.

По избыткам явной теплоты все производственные помещения делятся на помещения с незначительными избытками явной теплоты, если на 1 м³ объема приходится 23,2 Дж/с и менее (холодные цехи), и со значительными избытками, если на 1 м³ объема выделяется более 23, 2 Дж/с (горячие цехи).

Явная теплота – теплота, поступающая в рабочее помещение от оборудования, отопительных приборов, нагретых материалов, людей и других источников в результате инсоляции и воздействующая на температуру воздуха в этом помещении.

Нормируются допустимые и оптимальные параметры микроклимата. Оптимальные распространяются на всю рабочую зону, допустимые - на постоянные рабочие места (ПРМ) и места временного пребывания (МВП). Допустимые показатели устанавливаются в случае, когда по технологическим, техническим или экономическим причинам невозможно обеспечить оптимальные нормы.

Установленные **ГОСТ 12.1.005-88** оптимальные и допустимые параметры микроклимата для производственных помещений приведены в табл. 3, 4.

Таблица 3 - Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	Легкая - Ia	22-24	40-60	0,1
	Легкая - Ib	21-23		0,1
	Средней тяжести - IIa	18-20		0,2

	Средней тяжести - Пб	17-19		0,2
	Тяжелая – Ш	16-18		0,3
Теп- лый	Легкая - Ia	23-25		0,1
	Легкая - Ib	22-24		0,2
	Средней тяжести - Па	21-23		0,3
	Средней тяжести - Пб	20-22		0,3
	Тяжелая – Ш	18-20		0,4

Таблица 4 - Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений в холодный и переходный периоды года

Пе- риод года	Категория работ	Температура, °С		Относи- тельная влаж- ность, %	Скорость движения воздуха, м/с
		ПРМ	МВП		
Хо- лод- ный	Легкая - Ia	21-25	18-26	75	≤0,1
	Легкая - Ib	20-24	17-25	75	≤0,2
	Средней тяжести - Па	17-23	15-24	75	≤0,3
	Средней тяжести - Пб	15-21	13-23	75	≤0,4
	Тяжелая – Ш	13-19	12-20	75	≤0,5
Теп- лый	Легкая - Ia	23-25	20-30	55(при28°С)	0,1-0,2
	Легкая - Ib	22-24	19-30	60(при27°С)	0,1-0,3
	Средней тяжести - Па	21-23	17-29	65(при26°С)	0,2-0,4
	Средней тяжести - Пб	20-22	15-29	70(при25°С)	0,2-0,5
	Тяжелая – Ш	18-20	13-28	75(при24°С)	0,2-0,6

Средства нормализации микроклимата делятся на следующие группы: устраняющие источник тепловыделений, защищающие от тепловой радиации (поглощающие и отражающие стационарные и подвижные экраны), облегчающие теплоотдачу тела человека (применение местного кондиционирования, использование воздушного душа), индивидуальная защита (спецодежда из сукна, брезента, шляпы из войлока, фетра, спецобувь, очки со светофильтрами).

Основные **направления по оздоровлению** воздушной среды производственных помещений следующие:

- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими;

- применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадание их в рабочую зону;
- защита от источников тепловых излучений;
- устройство вентиляции и отопления;
- применение средств индивидуальной защиты.

Большое значение имеет общеобменная вентиляция. **Расчет** общеобменной вентиляции заключается в определении количества воздуха, которое нужно подавать в помещение (или удалять), L . Количество воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$, можно рассчитать по выделению в помещении избыточного тепла:

$$L = Q / (c\rho (t_{yx} - t_{пр})), \quad (5)$$

где Q - количество тепла, выделяемое в единицу времени, $\text{кДж}/\text{с}$;

$t_{yx}, t_{пр}$ - температура уходящего и приточного воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

c - удельная теплоемкость воздуха, $c = 1 \text{ кДж}/(\text{кг К})$;

ρ - плотность воздуха при $t_{пр}$, $\rho = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Температура уходящего воздуха определяется следующим образом:

$$t_{yx} = t_{р.з} + dt(Н - 2), \quad (6)$$

где $t_{р.з}$ - температура рабочей зоны, которая не должна превышать допустимую по нормам (из параметров микроклимата – табл. 3, 4);

dt - градиент температуры по высоте, $dt = 0,5...1,5^{\circ}\text{C}$ на 1 м высоты;

$Н$ - расстояние от пола до центра вытяжных проемов;

2 - высота рабочей зоны, м.

Количество воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$, можно рассчитать по выделению в помещении избытка влаги:

$$L = G / [\rho (d_{yx} - d_{пр})], \quad (7)$$

где G – количество избыточной влаги, $\text{г}/\text{с}$;

ρ - плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$d_{yx}, d_{пр}$ - содержание влаги в удаляемом и приточном воздухе, $\text{г}/\text{кг}$.

Кроме того, количество воздуха для общеобменной вентиляции рассчитывают по разбавлению вредных веществ до предельно допустимой концентрации или по работающим в помещении людям. При одновременном выделении в помещении избытка тепла, влаги и наличии вредных веществ за требуемый расход воздуха принимается большее из полученных значений.

Измерение параметров микроклимата

Для измерения **температуры** воздуха используются термометры. При измерении температуры выше 0°C предпочтение следует отдать ртутным термометрам, так как ртуть при нагревании расширяется равномерно, а спирт неравномерно.

Для измерения атмосферного **давления** служат барометры. Наиболее точны ртутные барометры. В практике метеорологических наблюдений для измерения атмосферного давления применяют барометры-анероиды. Барометр-анероид имеет металлические анероидные коробки, деформирующиеся с изменением атмосферного давления. Деформация коробок преобразуется передаточным механизмом в перемещение стрелки относительно шкалы, градуированной в миллиметрах ртутного столба.

Большое значение имеет измерение влажности воздуха. Различают абсолютную и относительную влажность. **Абсолютная влажность** ρ_n – количество водяного пара в граммах, содержащееся в 1 м^3 воздуха. Чем выше температура воздуха, тем больше его способность содержать влагу в виде пара.

Воздух, содержащий предельное при данной температуре количество влаги, называется насыщенным. Абсолютная влажность воздуха, насыщенного при данной температуре водяными парами, приводится в графе 15 табл. 5.

Под **влажностью** воздуха понимают количество граммов водяного пара, приходящегося на 1 кг сухого воздуха, содержащегося в смеси. Влажность d , г/кг, может быть определено по формуле

$$d = 0,622 \frac{P_n}{P_s - P_n}, \quad (8)$$

где P_n - давление (упругость) водяных паров насыщенного воздуха (графа 16 табл. 5), Па;

P_s - барометрическое давление, Па.

Относительная влажность ϕ - отношение количества водяных паров, содержащихся в каком-либо объеме, к максимально возможному их содержанию при данной температуре в этом объеме.

Для измерения относительной влажности воздуха служат психрометры. Психрометр аспирационный состоит из «сухого» и «мокрого» термометров, ртутный резервуар «мокрого» термометра обмотан батистом и при замере смачивается. Резервуары термометров находятся в трубках, через которые вентилятором засасывается воздух. Вентилятор приводится во вращение часовым механизмом, который заводится ключом. «Сухой» термометр показывает температуру окружающего воздуха, а «влажный» – более низкую температуру в результате испарения воды с поверхности его резервуара. Относительную влажность воздуха определяют по показаниям «сухого» и «мокрого» термометров с помощью табл. 5.

Для измерения **скорости движения воздуха** применяется анемометр. Анемометр МС-13 используется для измерения скорости от 1 до 20 м/с. Перед замером записывается начальный отсчет по всем трем шкалам. Затем, не включая счетный механизм, помещают анемометр в поток воздуха так, что-

бы плоскость чашечек была перпендикулярна направлению движения воздуха, и выдерживают 30-60 с, после чего включают счетный механизм и секундомер. После окончания замера их выключают одновременно и записывают конечный отсчет по трем шкалам. Разность конечного и начального отсчетов, деленная на время в секундах, дает число делений в секунду, пропорциональное скорости движения воздуха. Скорость движения воздуха определяется по найденному числу делений в секунду при помощи графика, которым снабжается анемометр.

Описание лабораторной установки

Установка состоит из квадратной трубы, в один конец которой вмонтирован вентилятор. С помощью реостата можно изменить скорость движения воздуха в установке в широких пределах. Внутри установки имеется емкость, заполняемая водой, для подогрева которой установлен кипятильник.

Таблица 5 - Значение относительной влажности в зависимости от температур «сухого» t_c и «мокрого» t_m термометров, %

t_c , °C	Разность показаний «сухого» и «влажного» термометров, °C													ρ_n , г/м ³	P_n , Па
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	100	81	63	45	28	11	-	-	-	-	-	-	-	4,9	600
1	100	83	65	48	32	16	-	-	-	-	-	-	-	5,2	640
2	100	84	68	51	35	20	-	-	-	-	-	-	-	5,6	700
3	100	84	69	54	39	24	10	-	-	-	-	-	-	6,0	750
4	100	85	70	56	42	28	14	-	-	-	-	-	-	6,4	800
5	100	85	72	58	45	32	19	6	-	-	-	-	-	6,8	850
6	100	86	73	60	47	35	23	10	-	-	-	-	-	7,3	920
7	100	87	74	61	49	37	26	14	-	-	-	-	-	7,7	980
8	100	87	75	63	51	40	29	18	7	-	-	-	-	8,3	1050
9	100	88	76	64	53	42	31	21	11	-	-	-	-	8,8	1130
10	100	88	75	65	54	44	34	24	14	5	-	-	-	9,4	1200
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8	-	-	-	10,0	1300
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-	-	-	10,7	1380
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6	-	-	11,3	1480
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9	-	-	12,1	1580
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12	5	-	12,8	1700
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15	8	1	13,6	1800
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10	4	14,5	1900
18	100	91	82	73	65	55	49	41	34	27	20	13	6	15,4	2000
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22	15	9	16,3	2180
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18	12	17,3	2300
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20	14	18,3	2400
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	20	16	19,4	2600
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30	24	18	20,6	2800
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26	20	21,8	2840
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27	22	23,0	3140
26	100	92	85	78	71	64	58	51	45	40	34	29	24	24,4	3340
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36	30	25	25,8	3500
28	100	93	85	78	71	65	59	52	48	42	37	32	27	27,2	3700
29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38	33	28	28,8	4000
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	34	30	30,4	4150
31	100	93	86	80	73	67	61	56	51	45	41	36	31	32,0	4450
32	100	93	87	80	74	68	62	57	52	46	42	37	32	33,8	4700
33	100	93	87	80	74	69	63	58	52	47	43	38	34	35,7	5000
34	100	93	87	81	75	69	63	58	53	48	44	39	35	37,6	5250
35	100	93	87	81	75	70	64	59	54	49	44	40	36	39,6	5600
36	100	93	87	81	76	70	65	59	55	50	45	41	37	41,7	5900
37	100	94	87	82	76	71	65	60	55	51	46	42	38	43,9	6300
38	100	94	88	82	76	71	66	61	56	51	47	43	39	46,2	6550
39	100	94	88	82	77	71	66	61	57	52	48	44	40	48,6	6900
40	100	94	88	83	77	72	67	62	57	53	49	44	40	51,1	7250

Измерение относительной влажности воздуха в установке производится с помощью психрометра, который вводится в рабочую камеру установки через проем в верхней крышке. Скорость движения воздуха определяется на выходе потока из установки с помощью крыльчатого анемометра МС-13.

Порядок выполнения работы

1 Включить кипятильник для подогрева воды за 15-20 мин до начала работы.

2 Измерить давление барометром-анероидом в лаборатории.

3 Измерить с помощью аспирационного психрометра относительную влажность: в лаборатории (рядом с установкой); в установке при включенном кипятильнике и отключенном вентиляторе, а затем при 3 различных скоростях движения воздуха (режимы I, II, III). Скорость воздушного потока изменяют переключением реостата, ручка которого выведена на переднюю панель установки.

При измерении относительной влажности аспирационным психрометром необходимо до начала замеров с помощью пипетки смочить водой укрытую легко смачивающимся материалом ампулу «мокрого» термометра. Затем поворотом заводного винта на 3-4 оборота завести вентилятор психрометра. В процессе замеров в необходимых случаях нужно осуществлять подзавод рабочей пружины вентилятора. Отсчеты по «сухому» и «мокрому» термометрам берут через 4-5 мин наблюдений и вносят в табл. 3.1 [1].

4 Для каждого режима работы вентилятора замерить скорости движения воздуха в установке с помощью анемометра МС-13 и результаты замеров занести в табл. 3.2 [1].

5 Определить относительную и абсолютную влажность (см. табл. 5), рассчитать влагосодержание для всех режимов по формуле (8) и занести результаты в табл. 3.1 [1].

6 Проверить соответствие полученных экспериментальных данных температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха допустимым параметрам микроклимата, приведенным в табл. 3, 4.

Расчет количества воздуха, необходимого для подачи общеобменной вентиляцией с целью обеспечения оптимальных значений параметров микроклимата

Для освоения методики расчета количества воздуха, необходимого для подачи общеобменной вентиляцией, каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Задача. Определить количество воздуха, необходимого для подачи общеобменной вентиляцией в теплый период времени года с целью обеспечения оптимальных параметров микроклимата. Исходные данные представлены в табл. 6.

Таблица 6 – Исходные данные для индивидуального задания

Предпоследняя цифра варианта	Категория работ по тяжести	Средняя температура окружающего воздуха, °С	Высота до вентиляционных проемов, м	Последняя цифра варианта	Количество избыточного тепла, кДж/с	Количество избыточной влаги, кг/ч
0	Iб	10	4	0	20	0,07
1	Iа	15	5	1	40	0,10
2	IIб	20	6	2	30	0,06
3	III	12	7	3	50	0,05
4	Iа	18	8	4	10	0,04
5	Iб	22	7	5	25	0,08
6	IIа	8	6	6	45	0,12
7	IIа	14	5	7	35	0,09
8	III	21	4	8	55	0,13
9	IIа	5	8	9	15	0,08

Порядок выполнения индивидуального задания

1 Рассчитать температуру уходящего воздуха по формуле (6) и количество воздуха, необходимое для аккумуляции избыточного тепла, по формуле (5), при этом температуру рабочей зоны выбрать по табл. 3 для теплого периода года в зависимости от категории тяжести работ.

2 Определить давление водяных паров насыщенного воздуха при температуре уходящего воздуха (см. табл. 5) и рассчитать влагосодержание воздуха по формуле (8).

3 Определить давление водяных паров насыщенного воздуха при температуре окружающего воздуха (см. табл. 5) и рассчитать влагосодержание воздуха по формуле (8).

4 Рассчитать количество воздуха, необходимое для аккумуляции избыточной влаги, по формуле (7).

5 Сделать вывод о требуемом количестве воздуха, необходимого для подачи общеобменной вентиляции с целью обеспечения оптимальных параметров микроклимата.

Данные расчеты можно осуществить с помощью **ПЭВМ**. С этой целью разработана программа «Микроклимат», позволяющая определить количество воздуха, необходимого для подачи общеобменной вентиляции с целью обеспечения оптимальных параметров микроклимата.

Указания по пользованию программой

1 Выбрать принцип расчета воздуха:

- по разбавлению вредных веществ до предельно допустимой концентрации;
- по выделению в помещении избыточного тепла;
- по выделению в помещении избытка влаги;
- по количеству работающих людей;
- по кратности воздухообмена.

2 Ввести исходные данные: по выделению избыточного тепла – количество избыточного тепла Q , высоту до вентиляционных проемов H , среднюю температуру окружающего воздуха, категорию работ по тяжести; по выделению избытка влаги – количество избыточной влаги G , и t_{yx} , рассчитанную по формуле (6).

3 Результаты расчета - количество воздуха L - получить нажатием клавиши «Расчет» в нижней части интерфейса программы.

4 Выбор необходимого количества воздуха осуществляется автоматически при расчете вентиляции по разным принципам (верхняя часть интерфейса программы).

Вопросы

- 1 Охарактеризовать основные параметры микроклимата.
- 2 Какое влияние оказывают параметры микроклимата на работоспособность человека?
- 3 Каким образом осуществляют нормирование параметров микроклимата? Какие факторы при этом учитываются?
- 4 Чем отличаются оптимальные и допустимые параметры микроклимата? С какой целью их ввели?
- 5 Охарактеризовать основные средства нормализации параметров микроклимата.
- 6 Перечислить основные направления оздоровления воздушной среды.
- 7 Охарактеризовать основные приборы для измерения параметров микроклимата.
- 8 Дать определение абсолютной и относительной влажности воздуха. Что такое влагосодержание воздуха?
- 9 Охарактеризовать основные меры защиты работающих от тепловых излучений.
- 10 Как определить количество воздуха, необходимое для разбавления вредных веществ до предельно допустимой концентрации?
- 11 Охарактеризовать принцип расчета количества воздуха, необходимого для подачи общеобменной вентиляции, по количеству работающих людей.

Лабораторная работа № 4

Испытание и оценка вентиляционной установки

Цель работы

- 1 Получить навыки работы с приборами по замеру параметров вентиляционной сети.
- 2 Освоить методику испытания и оценки вентиляционной установки.

Общие сведения

Производственная вентиляция предназначена для обеспечения в рабочих помещениях комфортных метеорологических условий и надлежащей чистоты воздуха в целях поддержания нормального физиологического состояния и высокой производительности труда работающих. Непосредственным назначением производственной вентиляции является устранение избытков тепла и влаги, а также вредных газов, паров и пыли, поступающих в воздух рабочих помещений.

Классификация вентиляции:

- 1) по способу перемещения воздуха – естественная (аэрация) и искусственная (механическая);
- 2) по характеру (месту) действия - общеобменная и местная;
- 3) по назначению – приточная, вытяжная и приточно-вытяжная.

Общеобменная вентиляция предназначена для обмена воздуха во всем помещении. В цехах со значительными пылевыведениями или с выделениями вредных газов и паров вентиляция должна обеспечивать смену воздуха так, чтобы в течение всего времени количество производственных вредностей, находящихся в воздухе, не превышало допустимых норм. Количество воздуха, которое при этом необходимо подавать в цех для поддержания нормальных условий, определяется расчетом.

Механическая вентиляция обеспечивает поддержание постоянного воздухообмена, независимо от внешних метеоусловий, за счет комплекса систем воздуховодов и механических вентиляторов (центробежных или осевых). Воздух, поступающий в помещение, при необходимости подогревается или охлаждается, увлажняется или осушается. Обеспечивается также очистка

воздуха, выбрасываемого наружу. Достоинством является возможность подачи воздуха или его удаления из заданной точки помещения. Недостатками являются высокая стоимость оборудования и эксплуатации, шум, незначительность объемов вентилируемого воздуха.

Для экономии тепла, расходуемого на нагрев воздуха, в помещениях, не содержащих вредных веществ, возможно применение рециркуляции воздуха, при которой часть теплого воздуха из помещения после очистки снова возвращается в помещение.

В аэрации или **естественной вентиляции** необходимый воздухообмен создается за счет разности плотности теплого воздуха, находящегося внутри помещения, и более холодного наружного, а также в результате наличия ветра. Она может быть неорганизованной (поступление и удаление воздуха происходит через неплотности наружных ограждений, окна, форточки) и организованной. Естественная вентиляция экономична и проста в эксплуатации. Основные недостатки - невозможность предварительной обработки воздуха, отсутствие очистки удаляемого воздуха, наличие сквозняков, ухудшение работы аэрации при наличии ветра, сложность управления. Она применяется в цехах, требующих больших объемов воздуха, с постоянным перепадом температур внутри и вне здания (сталелитейные, прокатные и др.).

Местная вытяжная вентиляция является наиболее эффективной при локализованном выделении вредных веществ. Улавливание их у места выделения при помощи местных отсосов предупреждает их распространение по помещению, не допускает перемещения с большим объемом воздуха, благодаря чему эффект действия вентиляции достигается при минимальном общем воздухообмене.

В зависимости от назначения и конструкции местные отсосы носят названия вытяжных шкафов, камер, зонтов, боковых, бортовых, кольцевых, щелевых отсосов, укрытий, кожухов, воронок и т.п. При выборе конструкции местных отсосов необходимо учитывать следующие требования:

- отсосы должны максимально улавливать вредности, выделяемые источником;
- расположение и форма отсоса должны соответствовать характеру (направлению, структуре и пр.) струй, которые создает источник вредных выбросов;
- отсосы не должны мешать работе или затруднять ее.

Основными параметрами вентиляционной сети являются объем проходящего по ней воздуха и потери давления (напора) в ней.

При перемещении воздуха по вентиляционной системе вентилятор затрачивает энергию на преодоление линейных и местных сопротивлений, что и приводит к потерям давления, которые определяются расчетом при проектировании вентиляционной сети или экспериментально для действующей вентиляционной установки.

Потери на линейные сопротивления (на трение воздушного потока о стенки воздуховода) $H_{л}$, Па, зависят от материала воздуховода, его формы, размеров, скорости движения воздуха и определяются по формуле

$$H_{л} = R l \quad (9)$$

где l - длина воздуховода, м;

R - потери давления на одном погонном метре воздуховода, Па/м.

Величину R можно определять по номограммам [2], а также экспериментально, измерив разность полного давления на равномерном участке воздуховода, не имеющем местных сопротивлений, (например, между сечениями I и II в настоящей лабораторной работе).

К потерям на **местные сопротивления** относятся потери удельной энергии потока, обусловленные изменениями его скорости, направления или расхода (повороты, сужения, расширения, отводы, тройники, диафрагмы, пылеулавливающие аппараты и т.п.). Величину потерь давления на преодоление этих сопротивлений $H_{м}$ определяют по уравнению

$$H_{м} = \xi \frac{V^2 \rho}{2} \quad (10)$$

где ξ - безразмерный коэффициент местного сопротивления;

V - скорость движения воздуха, м/с;

ρ - плотность воздуха, кг/м³.

Величину $H_{м}$ можно рассчитать, найдя значение ξ по справочным данным (табл. 7); в действующей установке ее можно измерить экспериментально, измерив разность полных давлений в сечениях непосредственно перед местным сопротивлением и за ним.

Таблица 7 – Значение коэффициента местного сопротивления [2]

Вид местного сопротивления, его характеристика	Значение коэффициента местного сопротивления
Вход в панель	0,7

Поворот (90°)	0,35
Поворот (45°)	0,23
Циклон	5,0

В процессе эксплуатации вентиляционной установки необходимо проводить **проверку эффективности** ее работы. Проверка производится: в порядке планового обследования санитарных условий труда; в целях оценки вновь сдаваемых в эксплуатацию вентиляционных устройств; при расследовании случаев профессиональных отравлений; при наличии нарушений в нормальной работе вентиляционной установки.

Задачей обследования является определение количества воздуха, подаваемого или удаляемого данной системой, а также скорости движения при выходе из приточного отверстия, во всасывающих отверстиях укрытий вытяжной вентиляции и др. В некоторых случаях возникает необходимость определения потерь давления на отдельных участках вентиляционной сети.

Объем поступающего (удаляемого) вентиляционного воздуха Z , м³/ч, определяется по формуле

$$Z = 3600 F V , \quad (11)$$

где F - площадь сечения отверстий или воздуховода, через который проходит воздух, м²;

v – средняя скорость движения воздуха, м/с.

Непосредственное измерение скорости движения воздуха возможно при проходе его через одиночное отверстие (окно, фрамугу или выходное отверстие воздуховода механической вентиляции). В этих случаях его производят с помощью анемометра, например чашечного типа МО-13 или крыльчатого АСО-3. **Анемометр** состоит из крыльчатки и счетного механизма. Движение крыльчатки, вращающейся под действием воздуха, передается через счетный механизм на стрелки прибора. Включение и выключение счетного механизма осуществляется ориентиром, расположенным на корпусе анемометра. Перед замером записывают начальный отсчет шкалы анемометра, затем, не включая счетного механизма, помещают его в поток воздуха и выдерживают 20-30 с, после чего включают счетный механизм и секундомер. Замер проводится в течение 30-60 с. После окончания замера счетный механизм и секундомеры одновременно выключают и записывают конечный отсчет на шкале прибора. Разность конечного и начального отсчетов, деленная на время замера в секунду, дает число делений n в одну секунду, которое пропорционально скорости движения воздуха. Последняя определяется по найденному числу делений n с помощью специального графика (см. лабораторный стенд).

В производственных условиях измерение скорости анемометром технически весьма затруднительно, а во многих случаях невозможно (малое сечение отверстий воздуховода, изменение скоростей движения воздуха при

установке анемометра и т.п.). В этих случаях для оценки производительности механической вентиляции необходимы методы определения скоростей движения воздуха в закрытом воздуховоде.

Воздух движется по воздуховодам и преодолевает сопротивления этому движению вследствие давления, развиваемого вентилятором. Полное давление в воздуховоде складывается из динамического (скоростного), расходуемого на создание необходимой скорости движения воздуха, и статического давления, расходуемого на преодоление имеющихся сопротивлений движению линейных и различных местных сопротивлений. Зная величину динамического (скоростного) давления, можно определить скорость движения воздуха v , м/с :

$$v = \sqrt{\frac{2gH_{ск}}{\rho}}, \quad (12)$$

где $H_{ск}$ – динамическое давление, мм вод. ст.;

g – ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$;

ρ - плотность воздуха, зависящая от температуры в помещении (табл. 8), кг/м^3 .

Таблица 8 - Плотность воздуха при различных температурах

Температура воздуха, °С	Плотность воздуха, кг/м^3
15	1,226
20	1,205
25	1,185
30	1,165

Замер давлений в воздуховоде осуществляется микроманометром.

Микроманометр ММН-240, используемый в лабораторной работе, предназначен для измерения перепадов давления в пределах от 0 до 240 мм вод. ст. Он состоит из резервуара, измерительной трубки с миллиметровой шкалой, соединительного шланга, установочных винтов и стойки, на которой под разными углами наклона можно фиксировать измерительную трубку.

Прибор заполняется подкрашенным спиртом или другой рабочей жидкостью с той же плотностью так, чтобы уровень жидкости фиксировался в измерительной трубке. Микроманометр воспринимает изменение давления как через резервуар со спиртом - патрубком микроманометра (+), так и через измерительную трубку - патрубком микроманометра (-).

Датчиком, воспринимающим давление вентиляционной сети, является пневмометрическая трубка, которая выполнена в виде двух спаянных трубок. Открытый конец одной трубки загнут под углом 90 градусов, конец второй трубки запаян и сообщается с воздушным потоком посредством боковых отверстий, просверленных на некотором расстоянии от конца. Для соединения пневмометрической трубки с микроманометром используются резиновые шланги.

При замерах микроманометр располагается горизонтально, что контролируется по уровням; регулировка осуществляется с помощью установочных винтов. Начальный отсчет показаний микроманометра считывается по положению нижней части мениска жидкости в измерительной трубке при выключенных вентиляторе либо микроманометре. Для замера скоростного давления резиновые шланги подсоединяют следующим образом: от загнутой трубки - к патрубку микроманометра (+), а от запаянной трубки - к патрубку (-).

При положении штырька переключателя микроманометра (+) вводят пневмометрическую трубку в воздуховод (загнутый конец навстречу потоку воздуха) и снимают отсчет по измерительной трубке. Скоростной напор при этом, мм вод. ст., определяют по формуле

$$H_{ск} = K (P_{кон} - P_{нач}), \quad (13)$$

где K - постоянная прибора, определяемая углом наклона измерительной трубки. Значения K (0,2; 0,3; 0,4; 0,6) указываются на стойке прибора у соответствующих отверстий, с помощью которых фиксируется угол наклона измерительной трубки.

Скорость движения воздушного потока в разных точках сечения неодинакова, поэтому вычисляют ее среднее значение для сечения, сделав несколько замеров в разных его точках (у стенки воздуховода, на некотором удалении от нее, по центру воздуховода и т.д.) - в лабораторной работе рекомендуется сделать 5 замеров скоростного давления в замерном сечении. При больших количествах замеров среднее значение скорости необходимо находить по методу квадратов, при 3...5 замерах и малом разбросе показаний можно найти среднее арифметическое значение скорости.

Замер потерь полного давления между двумя сечениями осуществляется двумя пневмометрическими трубками, загнутые концы которых подсоединяются к микроманометру. Рекомендуемое количество замеров в одном сечении - 3 (в нижней, средней и верхней частях воздуховода).

Принцип расчета местной вентиляции заключается в определении количества удаляемого воздуха необходимого давления.

Порядок расчета следующий:

1 Выбор конструкции местных отсосов с учетом вышеперечисленных требований.

2 Определение количества воздуха, которое необходимо удалить от каждого местного отсоса.

3 Определение структуры вентиляционной сети: определение вида (вертикальный или горизонтальный) и длины каждого участка.

4 Назначение скорости движения воздуха на участках вентиляционной сети, начиная с наиболее удаленного от вентилятора. Исходя из известных скоростей и расходов воздуха, проходящего по участку, определяют диаметр воздуховода на каждом участке.

5 Определение потерь давления вентиляционной сети:

$$\sum H = \sum H_{\text{л}} + \sum H_{\text{м}}, \quad (14)$$

где $\sum H_{\text{л}}$ - линейные потери давления, Па, определяют по формуле (9);

$\sum H_{\text{м}}$ - потери давления на местные сопротивления, Па, определяют по формуле (10).

При определении потерь давления вентиляционной сети для выбора вентилятора потери давления в параллельных ветвях не учитываются. Потери давления суммируются для последовательно соединенных участков, начиная от наиболее удаленного от вентилятора.

6 Подбор вентилятора осуществляют с помощью номограмм [3] по величинам требуемой производительности и суммарных потерь давления вентиляционной сети.

Испытание и оценка вентиляционной установки

Описание лабораторной установки. Лабораторная установка состоит из осевого вентилятора, включаемого тумблером, расположенным на панели лабораторного стола, воздуховода квадратного сечения (0,1 x 0,1 м²), вытяжного шкафа с регулируемой площадью приемного отверстия (5 положений открываемой заслонки). При максимальном открытии площадь приемного отверстия имеет размеры 0,2 x 0,2 м². Для замеров скорости движения воздуха в приемном отверстии вытяжного шкафа необходимо использовать анемометры МС-13 или АСО-3. Отсчет времени при выполнении замеров с помощью анемометра может осуществляться по секундомеру. Для замера в сечениях воздуховода динамического (скоростного) напора и полного напора установка снабжена микроанометром ММН-240, в комплекте которого есть две пневмометрические трубки и соединительные резиновые шланги. Для ввода пневмометрической трубки в воздуховод в нем выполнены отверстия.

Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с разделом «Общие сведения», с методикой замеров анемометрами и микроанометром.

2 Привести дверцу вытяжного шкафа в положение, указанное преподавателем, подготовить к замеру анемометр и включить вентилятор тумблером, находящимся на панели лабораторного стола.

3 Провести анемометром три замера скорости движения воздуха, располагая его строго в плоскости сечения приемного отверстия вытяжного шкафа. Время замера – 30 , 45 , 60 с. Данные замеров занести в табл. 4.1 [1]. Рассчитать среднюю скорость воздуха.

4 Подготовить к работе микроанометр, записать начальный его отсчет и провести замеры скоростного давления в пяти разных точках замерного сечения I. Результаты замеров занести в табл. 4.2 [1]. Рассчитать по формуле (13) скорость воздуха в воздуховоде.

5 Провести три замера разности полных давлений в сечениях 1-II и II-III для определения потерь напора на линейные сопротивления (участок 1-II сечений) и потерь напора на местные сопротивления на поворотах (участок II-III сечений). Данные по замеру разности полных давлений в сечениях занести в табл. 4.3 [1].

6 Используя полученные средние скорости движения воздуха в проеме вытяжного шкафа и в воздуховоде, определить производительность вентиляционной установки Z (в кубических метрах в час) по формуле (11). В первом случае F – площадь открытого проема вытяжного шкафа с учетом положения заслонки, во втором – площадь поперечного сечения воздуховода, $F = 0,01 \text{ м}^2$. Сравнить полученные величины Z между собой.

7 Исходя из полученных средних значений разности полных давлений между I и II сечениями по формуле (9) определить потери давления R на одном погонном метре воздуховода. Расстояние l между сечениями I и II равно 2м. Величину $H_{л}$ подставлять в формулу в паскалях .

8 Исходя из полученных средних значений разности полных давлений между II и III сечениями ($H_{м}$ взять в паскалях) вычислить коэффициент местного сопротивления ξ по формуле (10). Величину средней скорости движения воздуха взять из табл. 4.2 [1]. Величину ρ выбрать по табл. 8 в соответствии с температурой воздуха в помещении лаборатории. Если значения температуры в помещении лаборатории отличаются от тех, что имеются в таблице, значение ρ для этой температуры определить с помощью интерполирования.

9 Сделать выводы по испытаниям вентиляционной установки.

Вопросы

1 Каково назначение производственной вентиляции? Охарактеризовать основные виды вентиляции.

- 2 Охарактеризовать области применения общеобменной, местной и естественной вентиляции.
- 3 Какие требования предъявляются к отсосам местной вентиляции?
- 4 Перечислить основные параметры вентиляционной установки.
- 5 В чем заключается методика определения линейных потерь давления и потерь давления на местные сопротивления?
- 6 Охарактеризовать цель и методику обследования вентиляционной установки.
- 7 Каким образом можно определить скорость воздуха? Охарактеризовать устройство и принцип работы анемометра и микроанометра.
- 8 Каким образом можно оценить потери давления? Охарактеризовать методику измерения динамического и полного давления.
- 9 Что лежит в основе расчета общеобменной вентиляции?
- 10 В чем заключается принцип расчета и управления аэрацией?
- 11 Охарактеризовать методику расчета местной системы вентиляции. Как производят подбор вентилятора?

Лабораторная работа № 5

Исследование характеристик промышленного освещения

Цель работы

- 1 Изучить основные характеристики освещения производственных помещений, принципы его нормирования и расчета.
- 2 Освоить методику замера освещенности люксметром. Исследовать характеристики естественного и искусственного освещения и их изменение в зависимости от загрязнения светильников и стен помещения.

Общие сведения

Организация рационального освещения производственных помещений и рабочих мест является одной из задач охраны труда. Рациональное освещение улучшает условия труда, повышает безопасность работы, способствует повышению производительности труда и улучшению качества продукции. Недостаточность освещения или неправильная установка источника света могут быть причиной несчастных случаев.

Производственное освещение характеризуется светотехническими показателями, в частности световым потоком, освещенностью, коэффициентом отражения.

Световой поток F определяется как мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению (зрительный анализатор). За единицу светового потока принимается люмен (лм).

Освещенность E - это плотность светового потока на освещаемой поверхности:

$$E = F / S, \quad (15)$$

где S - площадь поверхности, на которую падает световой поток, м².

За единицу освещенности принят люкс (лк).

Естественное освещение производственных помещений характеризуется **коэффициентом естественной освещенности, %**, который определяется как отношение

$$e = (E_{ВН} / E_{Н}) 100 , \quad (16)$$

где E_{ВН} - освещенность в исследуемой точке внутри помещения, лк;

E_Н - наружная освещенность в горизонтальной плоскости, лк.

Коэффициент отражения ρ характеризует способность поверхности отражать падающий на нее световой поток, т.е. отношение отраженного светового потока F_{отр} к падающему F_{пад}:

$$\rho = F_{отр} / F_{пад} = E_{отр} / E_{пад} . \quad (17)$$

По известному коэффициенту отражения ρ можно определить **коэффициент поглощения** светового потока α освещаемой поверхности, так как

$$\alpha = 1 - \rho. \quad (18)$$

Коэффициенты отражения и поглощения светового потока зависят от цвета и фактуры освещаемой поверхности (табл. 9).

Таблица 9 - Коэффициенты отражения и поглощения светового потока различными материалами

Материал	Коэффициент	
	отражения	поглощения
Белая краска	0,7...0,9	0,20
Желтая краска	0,40	0,60
Черное сукно	0,02	0,98
Молочное стекло	0,45	0,15
Оконное стекло	0,08	0,02

Различают искусственное, естественное и совмещенное освещение помещений. Использовать в качестве рабочих помещения, в которых отсутствует естественное освещение, разрешается только в особых случаях, когда это диктуется особенностями производства. В зависимости от конструкции здания **естественное освещение** бывает боковое (свет падает на рабочую

поверхность сбоку, с одной или с двух сторон, через световые оконные проемы), верхнее (через аэрационные и зенитные фонари, проемы в перекрытиях) и комбинированное (верхнее + боковое).

Искусственное освещение производственных помещений подразделяется на рабочее, аварийное и специальное (охранное, дежурное, эритемное, бактерицидное). Аварийное освещение может быть для продолжения работ (непрерывные производства) и для эвакуации.

Различают рабочее освещение общее, местное и комбинированное (общее + местное). В общем освещении необходимая для выполнения работ освещенность создается на всей территории рабочей зоны, в комбинированном - общее освещение обеспечивает только отсутствие резких яркостных перепадов на территории рабочей зоны, а необходимая для выполнения работ освещенность создается с помощью местных светильников непосредственно на рабочем месте. Применение одного местного освещения в производственных помещениях не допускается, а в домашних условиях не рекомендуется, т.к. приводит к быстрому утомлению глаз.

Нормирование освещения осуществляется согласно СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования». Нормы на естественное освещение учитывают напряженность зрительной работы, которая оценивается по размеру минимального объекта различения, и систему освещения (боковое, верхнее, комбинированное). При боковом освещении нормируется минимальное, а в остальных случаях - среднее значение коэффициента естественной освещенности.

Коэффициент естественной освещенности, определяется в зависимости от разряда зрительной работы и от системы освещения (табл. 10).

Нормирование искусственной освещенности на рабочих местах осуществляют в зависимости от напряженности зрительной работы, контраста объекта и фона, яркости фона, типа источника света (люминесцентные или накаливания), системы освещения (общее или комбинированное).

Таблица 10 - Значения коэффициента естественной освещенности

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Коэффициент естественной освещенности, %	
		Верхнее и комбинированное освещение	Боковое освещение

Наивысшей точности	< 0,15	10	3,5
Очень высокой точности	0,15...0,3	7	2,5
Высокая точность	0,3...0,5	5	2
Средняя точность	0,5...1,0	4	1,5
Малая точность	1...5	3	1
Очень малая точность	>5	2	0,5

В связи со сложностью выбора нормируемой освещенности по СНиПу часто используют ведомственные рекомендации, например в табл. 11.

Таблица 11 – Нормируемая освещенность при общем равномерном освещении и коэффициент запаса

Наименование участка	Освещенность, лк	Коэффициент запаса
Ковочное отделение	150	1,5
Цех металлопокрытий	200	1,4
Механический цех	200	1,3
Малярное отделение	200	1,6
Сварочный цех	150	1,6

Для газоразрядных ламп значения норм освещенности выше, чем для ламп накаливания (из-за большей светоотдачи газоразрядных ламп). Система комбинированного освещения, как более эффективная, имеет нормы освещенности выше, чем система общего освещения. Для исключения частой перадаптации зрения из-за неравномерной освещенности в помещении при системе комбинированного освещения необходимо, чтобы светильники общего освещения создавали не менее 10% нормированной освещенности.

При **расчете** системы искусственного общего равномерного освещения для горизонтальной рабочей поверхности основным является **метод светового потока**. Расчет системы освещения начинается с выбора типа светильника, исходя из высоты производственного помещения и технологических особенностей.

Светильники «Глубокоизлучатель» и светильники с ртутными лампами большой мощности применяют в помещениях высотой не менее 8-10 м. Светильники «Универсаль» используются в помещениях высотой 5-10 м. Светильники с люминесцентными лампами, а также светильники типа «Люцетта» используются для освещения конструкторских помещений, производственных помещений со светлой окраской, малым выделением пыли и высотой подвеса 4-5 м.

После выбора типа светильника необходимо определить схему расположения светильников и исходя из схемы рассчитать их количество. Наиболее часто используют схемы квадратного и прямоугольного размещения светильников. Расстояние между светильниками L (в метрах) можно опреде-

лить, используя данные таблицы 12, где приводятся оптимальные отношения L к высоте подвеса светильника $H_{p.m}$ над рабочей плоскостью.

На основе принятой схемы размещения светильников и расстояния между ними (рядами светильников) при известной площади производственного помещения достаточно просто определяется требуемое количество светильников n .

Таблица 12 - Оптимальные относительные расстояния между светильниками

Тип светильника	Относительное расстояние $L / H_{p.m}$	
	при многорядном расположении	при однорядном расположении
Глубокоизлучатель	0,8-1,4	0,8-1,4
Универсаль	1,2-2,0	1,0-1,8
Люцетта	1,4-1,8	1,3-1,8
Светильники с ДРЛ	0,7-1,4	-

Световой поток $F_{л}$, лм, лампы (или группы ламп) рассчитывают по формуле

$$F_{л} = 100 E_{н} S K Z / (n \eta) , \quad (19)$$

где $E_{н}$ - нормированная минимальная освещенность (см. табл. 11);

S - площадь освещаемого помещения, m^2 ;

K - коэффициент запаса (см. табл. 11);

Z - коэффициент минимальной освещенности, равный отношению средней освещенности к минимальной: для ламп накаливания - 1,15; для люминесцентных - 1,1;

n - число светильников (или групп светильников);

η - коэффициент использования светового потока ламп, который зависит от типа светильника, коэффициентов отражения потока ρ_n и стен ρ_c , индекса (светопоказателя) помещения.

Индекс помещения i находится по формуле

$$i = A B / H_p (A + B), \quad (20)$$

где A, B - длина и ширина помещения, м.;

H_p - высота подвеса светильника от уровня рабочей плоскости.

Значения коэффициента η для некоторых типов светильников приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Коэффициент использования светового потока осветительной установки

ρ_n , %	ρ_c , %	Коэффициент использования η , % , при индексе помещения i											
		0,5	0,6	0,8	1	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
Светильник «Глубокоизлучатель»													
70	50	25	31	38	41	43	46	49	52	53	54	55	57
50	30	21	27	34	38	41	43	46	49	51	52	52	54
30	10	19	24	32	36	39	41	44	47	49	50	51	52
Светильник с лампами ДРЛ													
70	50	30	35	44	49	54	58	63	67	69	70	71	72
50	30	24	30	38	43	49	53	59	62	64	66	68	70
30	10	21	26	34	40	45	49	55	59	61	63	65	67
Светильник «Универсаль» без затенения													
70	50	28	34	39	45	48	51	55	59	60	61	62	63
50	30	24	30	35	43	45	48	52	55	57	58	59	60
39	10	21	27	32	41	44	46	50	54	55	56	57	58
Светильник «Люцетта»													
70	50	29	33	41	44	48	51	55	58	60	63	64	65
50	30	22	27	33	37	41	44	48	52	54	57	59	61
39	10	20	25	26	31	34	37	41	45	47	52	54	56

По полученному значению F_d выбирают источник освещения (лампу) с ближайшим большим световым потоком F_{ϕ} . Светотехнические характеристики некоторых ламп приведены в табл. 14.

Таблица 14 - Светотехнические характеристики источников освещения

Источник освещения	Тип	Параметры	
		Мощность, Вт	Световой поток, лм
Лампы накаливания	НВ-100	100	1240
	НВ-150	150	1900
	НВ-200	200	2700
	НВ-300	300	4350
	НВ-500	500	8100
	НВ-750	750	13100
Ртутные лампы	ДРЛ-80	80	2000
	ДРЛ-125	125	4800
	ДРЛ-250	250	10000
	ДРЛ-400	400	18000
	ДРЛ-700	700	33000
	ДРЛ-1000	1000	50000
Люминес-	ПТБ-20	20	900

центные лампы	ЛТБ-40	40	2200
	ЛТБ-80	80	3540
	ЛД-80	80	4070
	ЛБ-80	80	5220

По фактическому световому потоку лампы определяют фактическую освещенность:

$$E_{\text{ФАК}} = (F_{\text{ФАК}}/F_{\text{Л}}) E_{\text{Н}}. \quad (21)$$

Исходя из мощности одной лампы ω , Вт, и их количества определяют общую мощность осветительной установки:

$$W = \omega n. \quad (22)$$

Исследование характеристик естественного и искусственного освещения

Для измерения освещенности, создаваемой естественным светом и светом искусственных источников, используются **люксметры**. Люксметр Ю-116 состоит из измерителя со шкалой и фотоэлемента с насадками. Для уменьшения погрешности применяются насадки на фотоэлемент в виде полусферы, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы. Насадка обозначена буквой К, нанесенной на ее внутреннюю сторону. Эта насадка применяется не самостоятельно, а совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначения М, Р, Т. Каждая из этих трех насадок совместно с насадкой К образует три поглотителя с общим номинальным коэффициентом ослабления 10, 100, 1000 и применяется для расширения диапазонов измерений.

Шкала прибора проградуирована в люксах: одна шкала имеет 100 делений (0 – 100), вторая – 30 (0 – 30). Люксметр имеет наименьшую допускаемую погрешность измерения, равную $\pm 10\%$.

Исследование характеристик освещенности в зависимости от цвета стен и загрязненности светильника производится на **лабораторной установке**. Она представляет собой камеру, закрывающуюся выдвижной заслонкой, находящейся в передней части установки. Рабочей поверхностью, уровень освещенности которой замеряется, является пол установки. За счет вращающихся штор можно установить один из трех вариантов цвета: белый, фиолетовый, темный.

Источник освещения работает при включении штепселя установки в розетку электрической сети. Степень загрязнения светильника устанавливается с помощью вращающегося сектора, ручка которого выведена на верхнюю часть установки. Вращающийся сектор имеет четыре положения, каждое из которых имитирует степень загрязнения светильника; в положении 1 сектора светильник не имеет загрязнения.

Измерение освещенности следует провести люксметром Ю-116, вставив его фотоэлемент до упора в гнездо, находящееся в правой верхней части установки. Фотоэлемент вставляется так, чтобы его сферическая часть была повернута вниз.

Порядок выполнения работы

1 Произвести люксметром Ю-116 замеры освещенности в лабораторной установке в зависимости от цвета стен (начиная с белого, для всех четырех положений поворотного сектора). Данные записать в табл. 5.1 [1].

2 Рассчитать коэффициенты отражения и поглощения для фиолетовой и темной плоскостей лабораторной установки по формулам (17) и (18).

Люксметр в лабораторной установке при положении 1 поворотного сектора измеряет величину отраженного светового потока от рабочих поверхностей. Падающий световой поток (он будет постоянной величиной для всех случаев) при известном коэффициенте отражения для белого цвета $\rho_б$ (принять в интервале 0,7...0,9) находится из соотношения

$$E_{\text{ПАД}} = E_{\text{ОТР}} / \rho_б .$$

Коэффициенты отражения фиолетовой и темной поверхности $\rho_ф$ и $\rho_т$ будут соответственно равны:

$$\rho_ф = \frac{E_{\text{отр}}^ф}{E_{\text{пад}}} \quad \text{и} \quad \rho_т = \frac{E_{\text{отр}}^т}{E_{\text{пад}}} .$$

По замерам освещенности в лабораторной установке для рабочей поверхности белого цвета определить коэффициент светопропускания для разных степеней загрязнения светильников, используя результаты замеров для всех четырех положений поворотного сектора:

$$\tau_{\text{II}} = \frac{E_{\text{отрII}}^б}{E_{\text{отрI}}^б} ; \quad \tau_{\text{III}} = \frac{E_{\text{отрIII}}^б}{E_{\text{отрI}}^б} ; \quad \tau_{\text{IV}} = \frac{E_{\text{отрIV}}^б}{E_{\text{отрI}}^б} .$$

3 Произвести замеры освещенности за счет естественного освещения в лаборатории. Точки замеров внутри помещения отличаются расстоянием от оконных проемов. Все замеры проводить в одном и том же поперечном сечении, на уровне рабочей поверхности. Результаты занести в табл. 5.2 [1].

4 Рассчитать коэффициент естественной освещенности (КЕО) для всех точек и построить график зависимости уровня естественной освещенности от удаленности исследуемых точек от оконного проема.

5 Сделать выводы о влиянии исследуемых факторов на освещенность.

Расчет параметров искусственного освещения

Для освоения методики расчета системы искусственного освещения каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Задача. Рассчитать систему общего равномерного освещения методом светового потока. Исходные данные приведены в табл. 15.

Таблица 15 – Исходные данные для индивидуального задания

Предпоследняя цифра варианта	Длина, м	Ширина, м	Высота подвеса, м	Последняя цифра варианта	Коэффициент отражения		Тип помещения
					$\rho_n, \%$	$\rho_{ст}, \%$	
0	110	36	6	0	50	30	1
1	125	40	8	1	30	10	2
2	130	48	8	2	70	50	3
3	60	42	5	3	50	30	4
4	80	36	6	4	30	10	5
5	100	30	8	5	70	50	1
6	150	24	6	6	50	30	2
7	180	36	7	7	30	10	3
8	200	42	10	8	70	50	4
9	60	20	5	9	50	30	5

Примечание. Обозначение типа производственного помещения: 1 – ковальное отделение; 2 – цех металлопокрытий; 3 – механический цех; 4 – малярное отделение; 5 – сварочный цех.

Порядок выполнения индивидуального задания

- 1 Выбрать тип светильника в зависимости от высоты подвеса исходя из рекомендаций, приведенных в общих сведениях.
- 2 Для данного типа светильника выбрать по табл. 12 относительное расстояние между светильниками.
- 3 Рассчитать расстояние между светильниками L .
- 4 Рассчитать количество светильников по длине и ширине помещения, затем их общее количество.
- 5 Рассчитать индекс помещения по формуле (20). По величинам индекса помещения и коэффициентов отражения стен и потолка для данного типа светильника определить (см. табл. 13) коэффициент использования светового потока.
- 6 Рассчитать величину светового потока лампы (или группы ламп) по формуле (19).
- 7 Выбрать по данным табл. 14 лампу с ближайшим большим световым потоком.
- 8 Рассчитать фактическую освещенность по формуле (21) и общую мощность осветительной установки по формуле (22).

Вопросы

- 1 Каково значение освещения для обеспечения безопасности производственной деятельности?
- 2 Перечислить основные светотехнические характеристики.
- 3 Какие виды освещения используются в производственных условиях?
- 4 Как осуществляется нормирование искусственного и естественного освещения?
- 5 Охарактеризовать принцип расчета общего равномерного освещения методом светового потока.
- 6 Какие приборы используются для измерения освещенности рабочих мест? Дать их характеристику.
- 7 Почему нормирование естественного освещения не проводят по величине освещенности рабочего места?
- 8 Перечислить основные характеристики источников света.
- 9 Охарактеризовать принцип расчета освещения вертикальных и наклонных поверхностей. Где еще используется такой принцип расчета?
- 10 Каким образом осуществляется эксплуатация и контроль осветительных установок?

Лабораторная работа № 6

Исследование электробезопасности в сетях трехфазного тока напряжением до 1000 В

Цель работы

- 1 Изучить действие электрического тока на организм человека и виды возможных электротравм.
- 2 Изучить влияние различных факторов и параметров сети на исход поражения человека электротоком в сетях с изолированной и глухозаземленной нейтралью.

Общие сведения

К числу опасных производственных факторов относится повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. Электрический ток, проходящий через тело человека, может повлечь за собой повреждение организма человека, оказывая термическое, электролитическое и биологическое действия.

Термическое действие выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов и других тканей. **Электролитическое действие** выражается в разложении крови и других органических жидкостей, что вызывает значительные нарушения их физико-химических составов. **Биологическое действие** выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма (что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц), а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, протекающих в нормально действующем организме и теснейшим образом связанных с его жизненными функциями. В результате могут возникнуть различные нарушения в организме, в том числе нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения. Раздражающее действие тока на ткани организма может быть прямым, когда ток проходит непосредственно по этим тканям, и рефлекторным, т. е. через центральную нервную систему, когда путь тока лежит вне этих тканей.

Это многообразие действий электрического тока нередко приводит к различным **электротравмам**, которые условно можно свести к двум видам: местным электротравмам и общим электротравмам (электрическим ударам).

Местные электротравмы - это четко выраженные местные повреждения тканей организма, вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги. Различают следующие местные электротравмы: электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения и электроофтальмия.

Электрические ожоги могут быть вызваны протеканием тока через тело человека, а также воздействием электрической дуги на тело. В первом случае ожог возникает как следствие преобразования энергии электрического тока в тепловую и является сравнительно легким (покраснение кожи, образование пузырей). Ожоги, вызванные электрической дугой, носят, как правило, тяжелый характер (омертвление пораженного участка кожи, обугливание и сгорание тканей).

Электрические знаки — это четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета диаметром 1—5 мм на поверхности кожи человека, подвергшегося действию тока. Электрические знаки безболезненны, и лечение их заканчивается, как правило, благополучно.

Металлизация кожи — это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Обычно с течением времени больная кожа сходит, пораженный участок приобретает нормальный вид и исчезают болезненные ощущения.

Механические повреждения являются следствием резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, вывихи суставов и даже переломы костей.

Электроофтальмия — воспаление наружных оболочек глаз, возникающее в результате воздействия мощного потока ультрафиолетовых лучей электрической дуги. Обычно болезнь продолжается несколько дней. В случае поражения роговой оболочки глаз лечение оказывается более сложным и длительным.

Электрический удар—это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. Различают следующие четыре степени ударов: I—судорожное сокращение мышц без потери сознания; II—судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца; III—потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе); IV—клиническая смерть, т. е. отсутствие дыхания и кровообращения.

Исход воздействия тока зависит от ряда факторов, в том числе от величины и длительности протекания через тело человека тока, рода и частоты тока и индивидуальных свойств человека. Электрическое сопротивление тела человека и приложенное к нему напряжение также влияют на исход поражения, так как они определяют значение тока, проходящего через тело человека.

Электрическое сопротивление тела человека складывается из сопротивления кожи и сопротивления внутренних тканей. Кожа, вернее ее верхний слой, называемый эпидермисом, имеющий толщину до 0,2 мм и состоящий в основном из мертвых ороговевших клеток, обладает большим сопротивлени-

ем, которое и определяет общее сопротивление тела человека. Сопротивление нижних слоев кожи и внутренних тканей человека незначительно. При сухой чистой и неповрежденной коже сопротивление тела человека колеблется в пределах 2000—2000000 Ом. При увлажнении и загрязнении кожи, а также при повреждении кожи (под контактами) сопротивление тела оказывается меньшим—около 500 Ом, т. е. доходит до значения, равного сопротивлению внутренних тканей тела. При расчетах сопротивление тела человека принимается обычно равным 1000 Ом.

Значение **тока, протекающего через тело человека**, является главным фактором, от которого зависит исход поражения: чем больше ток, тем опаснее его действие. Человек начинает ощущать протекающий через него ток промышленной частоты относительно малого значения: 0,6—1,5 мА. Этот ток называется пороговым **ощутимым током**.

Ток 10—15 мА (при 50 Гц) вызывает сильные и весьма болезненные судороги мышц рук, которые человек преодолеть не в состоянии, т. е. он не может разжать руку, которой касается токоведущей части, не может отбросить провод от себя и оказывается как бы прикоанным к токоведущей части. Такой ток называется пороговым **неотпускающим**.

При 100 мА ток оказывает непосредственное влияние также и на мышцу сердца; при длительности протекания более 0,5 с такой ток может вызвать остановку или фибрилляцию сердца, т. е. быстрые хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы (фибрилл), при которых сердце перестает работать как насос. В результате в организме прекращается кровообращение и наступает смерть. Этот ток называется **фибрилляционным**.

Длительность протекания тока через тело человека влияет на исход поражения вследствие того, что со временем ток резко повышается за счет уменьшения сопротивления тела и накапливаются отрицательные последствия воздействия тока на организм.

Род и частота тока в значительной степени определяют исход поражения. Наиболее опасным является переменный ток с частотой 20—100 Гц. При частоте меньше 20 или больше 100 Гц опасность поражения током заметно снижается. Токи частотой свыше 500 кГц не оказывают раздражающего действия на ткани и поэтому не вызывают электрического удара. Однако они могут вызвать термические ожоги.

При **постоянном токе** пороговый ощутимый ток повышается до 6 - 7 мА, пороговый неотпускающий ток — до 50—70 мА, а фибрилляционный при длительности воздействия более 0,5 с—до 300 мА.

На исход поражения электрическим током влияет величина приложенного **напряжения** - от нее зависит пробой кожи человека. Пробой кожи возможен при напряжениях более 50 В, а при напряжениях более 200 В пробой неминуем.

Предельно допустимое напряжение определяется следующим образом:

$$U_{\text{пр.доп}} \leq 50/t \text{ В} \quad - \text{ при } t \leq 1 \text{ с};$$
$$U_{\text{пр.доп}} \leq 36 \text{ В} \quad - \text{ при } t > 1 \text{ с}.$$

Важное значение имеет **путь тока** в теле человека - наиболее опасно прохождение тока через дыхательные мышцы и сердце. Различают 15 таких характерных путей: рука - рука, левая рука - ноги, правая рука - ноги, нога - нога и др.

Индивидуальные свойства человека — состояние здоровья, подготовленность к работе с электрической установкой и другие факторы — также имеют значение для исхода поражения. Отягощают поражение заболевания сердечно-сосудистой системы, центральной нервной системы, туберкулез и др. Наличие алкогольного опьянения также отрицательно влияет на исход поражения в связи со снижением внимания и реакции человека. Поэтому обслуживание электроустановок поручается лицам, прошедшим медицинский осмотр и специальное обучение.

Вероятность поражения электротоком зависит от **факторов внешней среды**: климатических условий в помещении (температура, влажность, атмосферное давление, содержание кислорода и углекислого газа), а также наличия токопроводящей пыли, металлических конструкций, соединенных с землей, токопроводящего пола и других факторов.

Если человек касается одновременно двух точек, между которыми существует напряжение, и при этом образуется замкнутая цепь, через тело человека проходит ток. Значение этого тока зависит от схемы прикосновения и от параметров электрической сети. В зависимости от режима нейтрали генератора электрического тока (трансформатора) все электрические сети делят на **сети с изолированной и глухозаземленной нейтралью**.

Для оценки опасности поражения в сетях 3-фазного тока необходимо определить путь тока через человека (схему замыкания), величину тока, протекающего через человека, и сравнить ее с допустимой величиной.

При **однофазном прикосновении** к сети с изолированной нейтралью при исправной изоляции величина тока, протекающего через человека, $I_{\text{ч}}$ зависит от величины фазного напряжения U , сопротивления изоляции фаз $R_{\text{из}}$ и сопротивления тела человека $R_{\text{ч}}$:

$$I_{\text{ч}} = U / (R_{\text{ч}} + R_{\text{из}}/3). \quad (23)$$

Если сопротивление изоляции велико (более 500 кОм), то такое прикосновение будет безопасно. При низком качестве изоляции сеть становится опасной, т.к. в этом случае величина тока, протекающего через человека, ограничивается только сопротивлением тела человека.

Однофазное прикосновение к сети с заземленной нейтралью опасно при любом сопротивлении изоляции, поскольку величина тока, протекающего

через человека, в этом случае ограничивается только сопротивлением тела человека:

$$I_{\text{ч}} = U / R_{\text{ч}}. \quad (24)$$

При **двухфазном прикосновении** тяжесть поражения не зависит от режима нейтрали и качества изоляции, поскольку величина тока, протекающего через человека, также ограничивается только сопротивлением тела, но этот случай более опасен, т.к. напряжение, приложенное к человеку, оказывается в $\sqrt{3}$ раз больше, чем при однофазном прикосновении:

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{ч}}} = \frac{U}{\sqrt{3} R_{\text{ч}}}. \quad (25)$$

В случае пробоя фазы на корпус оборудования, которое в нормальных условиях не должно находиться под напряжением, человек, работающий с этим оборудованием, оказывается в режиме однофазного прикосновения.

Таким образом, **наиболее безопасной** является сеть с изолированной нейтралью при высоком качестве изоляции. Однако при увеличении протяженности сетей увеличивается паразитная емкость проводов относительно земли, что приводит к увеличению опасности поражения человека емкостной составляющей тока. Поэтому сети с изолированной нейтралью применяют только в тех случаях, когда протяженность сетей невелика и есть возможность постоянного контроля качества изоляции. В остальных случаях при напряжении сети до 1000 В применяют, как правило, сети с глухозаземленной нейтралью. Достоинством этих сетей является сохранение условий безопасности при ухудшении состояния изоляции и в аварийном режиме (пробое фазы на корпус). При напряжении выше 1000 В по технологическим требованиям сети с напряжением до 35 кВ включительно имеют изолированную нейтраль, а выше – глухозаземленную.

Исследование параметров электрических сетей

Работа проводится на универсальном **лабораторном стенде** путем моделирования основных параметров исследуемой сети и определения величины тока, протекающего через тело человека, и напряжения прикосновения при контакте с металлическим корпусом электрооборудования. На стенде вместо существующих распределенных параметров изоляции фаз относительно земли применены сосредоточенные сопротивления и емкости, которые можно изменять по величине. Сопротивление тела человека моделируется активным сопротивлением.

Порядок выполнения работы

1 Включить на стенде тумблер «Сеть», а на вертикальной панели нажать кнопку «Сеть».

2 Измерить линейное напряжение (переключатель - в положении $U_{\text{лин}}$, показания прибора умножаем на 1000).

3 Переключатель - в положении «Изолированная нейтраль». Включить на вертикальной панели тумблер «Замыкание». О появлении напряжения на корпусе электродвигателя свидетельствует загорание светодиода.

4 Произвести замеры тока, протекающего через тело человека, и напряжения прикосновения в сети с изолированной нейтралью для различных значений сопротивления изоляции фаз при условии, что $R_{\text{ч}} = \text{const}$ и $C_{\text{A}} = C_{\text{B}} = C_{\text{C}} = \text{const}$. Значение сопротивления человека принять равным 1 кОм, а значение емкости фаз задается преподавателем ($C = 0,1; 0,2; 0,5; 1,0$ мкФ). Для измерения напряжения прикосновения переключатель вольтметра должен быть в положении $U_{\text{прик}}$, показания прибора умножаем на 300. Данные занести в табл. 6.1 [1].

5 Рассчитать силу тока, проходящего через тело человека, $I_{\text{ч}}$, А:

$$I_{\text{ч. расч}} = \frac{3 U_{\text{л}}}{\sqrt{3(3R_{\text{ч}} + R)}} , \quad (26)$$

где $U_{\text{л}}$ – линейное напряжение, В;

$R_{\text{ч}}$ – сопротивление тела человека, Ом;

R - сопротивление изоляции фаз, Ом.

6 Построить график зависимости силы тока, проходящего через тело человека, и напряжения прикосновения от величины сопротивления фаз.

7 Произвести замеры силы тока и напряжения прикосновения в сети с изолированной нейтралью при различных значениях емкости фаз. Сопротивление человека принять 1 кОм, а значение сопротивления изоляции фаз задается преподавателем ($R = 1, 2, 5, 10$ кОм). Данные занести в табл. 6.2 [1].

8 Построить график зависимости силы тока, проходящего через тело человека, и напряжения прикосновения от величины емкости фаз.

9 Выключить тумблер «Замыкание». Переключить установку на сеть с глухозаземленной нейтралью. Измерить линейное напряжение.

10 Включить тумблер «Замыкание». Произвести замеры силы тока и напряжения прикосновения в сети с глухозаземленной нейтралью при различных значениях сопротивления человека. Значения сопротивления изоляции и емкости фаз ($R = 1, 2, 5, 10$ кОм; $C = 0,1; 0,2; 0,5; 1,0$ мкФ) задаются преподавателем. Данные занести в табл. 6.3 [1].

11 Построить график зависимости величины тока, проходящего через тело человека, и напряжения прикосновения от величины сопротивления тела человека.

12 Выключить тумблер «Замыкание». Выключить стенд и панель.

13 Проанализировать на основе полученных результатов степень опасности прикосновения человека к корпусу электрооборудования для различных режимов сети.

Вопросы

- 1 Охарактеризовать действие электрического тока на организм человека. В чем оно проявляется?
- 2 Перечислить и охарактеризовать виды электротравм.
- 3 Охарактеризовать факторы, определяющие опасность поражения человека электрическим током.
- 4 От чего зависит электрическое сопротивление тела человека?
- 5 Охарактеризовать пороговые значения силы тока.
- 6 Как влияют вид и частота тока на исход поражения человека электрическим током?
- 7 Оказывает ли влияние на исход поражения электрическим током психологическое состояние человека?
- 8 Сети с каким режимом нейтрали источника напряжения являются более безопасными? Почему?
- 9 Какие меры применяются для профилактики электротравматизма?
- 10 Охарактеризуйте области применения сетей с изолированной и глухозаземленной нейтралью.

Лабораторная работа № 7 Исследование напряжения прикосновения и шага

Цель работы

- 1 Ознакомиться с условиями возникновения и опасностями прикосновения и шага в сетях электрического тока.
- 2 Исследовать закон распределения потенциала в грунте вблизи заземлителя, определить величины напряжения прикосновения и шага тока.

Общие сведения

При пробое изоляции и стекании электрического тока в землю возникает так называемое **поле растекания** тока. Теоретически оно простирается до бесконечности. В действительных же условиях уже на расстоянии 20 м от места замыкания слой земли, через который проходит ток, оказывается столь большим, что плотность тока здесь практически равна нулю. Следовательно,

и потенциал земли на расстоянии более 20 м от места замыкания тоже практически равен нулю.

Изменение потенциала на поверхности земли зависит от вида заземлителя, грунта и расстояния до места замыкания.

При полушаровом заземлителе, расположенном на поверхности земли, изменение потенциала в зависимости от расстояния от него (X , м) описывается уравнением

$$\varphi = \frac{I_3 \rho}{2 \pi X}, \quad (27)$$

где I_3 - ток замыкания, А;

ρ - удельное электрическое сопротивление грунта, Ом м.

Потенциал самого заземлителя в соответствии с формулой (27) будет равен:

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2 \pi X_3}, \quad (28)$$

Ввиду того, что сопротивление проводов, соединяющих корпус оборудования с повторным заземлением $R_{\text{п}}$, незначительно, считают, что потенциал заземлителя φ_3 равен потенциалу корпуса $\varphi_{\text{к.з}}$ относительно земли, следовательно, напряжения корпуса и заземлителя относительно земли равны между собой, т.е. $U_{\text{к.з}} = U_{3.з}$.

С учетом вышесказанного уравнение (28) можно записать в виде

$$\varphi_3 = \varphi_{\text{к.з}} = \frac{I_3 \rho}{2 \pi X_3} = U_{3.з} = U_{\text{к.з}}. \quad (29)$$

При прикосновении к корпусу оборудования, находящегося под напряжением, руки человека окажутся под потенциалом корпуса $\varphi_{\text{к}}$, а ноги - под потенциалом основания $\varphi_{\text{н}}$, на котором он стоит.

Разность потенциалов между точками, которых одновременно касается человек, называется **напряжением прикосновения** $U_{\text{пр}}$:

$$U_{\text{пр}} = \varphi_{\text{к}} - \varphi_{\text{н}} = \varphi_3 - \varphi_{\text{н}}. \quad (30)$$

Заменив в выражении (30) φ_3 его значением из формулы (29) и $\varphi_{\text{н}}$ его значением из формулы (27), получим:

$$U_{\text{пр}} = \frac{I_3 \rho}{2 \pi X_3} - \frac{I_3 \rho}{2 \pi X} = \frac{I_3 \rho}{2 \pi X_3} \left(\frac{X - X_3}{X} \right). \quad (31)$$

В выражении (31) первый множитель согласно формуле (29) представляет собой напряжение корпуса $U_{к.з}$ или заземлителя $U_{з.з}$ относительно земли, второй множитель обозначим α_1 .

Подставив эти значения в выражение (31), получим напряжение прикосновения в поле растекания заземлителя любой конфигурации:

$$U_{пр} = U_{к.з} \alpha_1 . \quad (32)$$

Напряжение прикосновения с учетом падения напряжения в дополнительных сопротивлениях пола $R_{пол}$ и обуви $R_{об}$ определяется по формуле

$$U_{пр} = U_{к.з} \alpha_1 \alpha_2 , \quad (33)$$

где α_2 - коэффициент, учитывающий падение напряжения в сопротивлениях основания (пола) и обуви,

$$\alpha_2 = \frac{R_3}{R_ч + R_{пол} + R_{об}} . \quad (34)$$

Анализ уравнений (31)...(34) показывает, что при нахождении человека на расстоянии $X=X_3$ от заземлителя напряжение прикосновения равно нулю ($U_{пр} = 0$). При $X \geq 2\tilde{0}$ м α_1 становится равным 1, а напряжение прикосновения – равным максимальному значению, т.е. напряжению корпуса (заземлителя) относительно земли ($U_{пр}=U_{к.з}$). С увеличением сопротивления пола (основания) и обуви напряжение прикосновения снижается. При $R_{пол}=R_{осн}=\infty$ напряжение прикосновения $U_{пр}$ стремится к нулю.

Человек, находящийся в поле растекания тока, оказывается под напряжением шага $U_{ш}$, если его ноги расположены в точках с разными потенциалами, т.е.

$$U_{ш} = \varphi_X - \varphi_{X+a} . \quad (35)$$

С учетом выражения (27) и при ширине шага a , м, уравнение (35) примет вид

$$U_{ш} = \frac{I_3 \rho}{2 \pi X} - \frac{I_3 \rho}{2 \pi (X+a)} = \frac{I_3 \rho}{2 \pi X_3} \cdot \frac{a X_3}{X^2 + a X} . \quad (36)$$

Подставив из уравнения (29) значение первого множителя, равное $U_{з.з}$ или $U_{к.з}$ (напряжение заземлителя или корпуса оборудования относительно земли), и обозначив

$$\beta_1 = \frac{a X_3}{X + a X} ,$$

получим напряжение шага:

$$U_{ш} = U_{з.з} \beta_1 , \quad (37)$$

где β_1 - коэффициент напряжения шага, учитывающий форму потенциальной кривой растекания тока в земле.

Напряжение шага, как напряжение прикосновения, зависит от сопротивления основания $R_{осн}$ и обуви $R_{об}$. Влияние этих сопротивлений учитывается коэффициентом

$$\beta_2 = \frac{R_ч}{R_ч + R_{осн} + R_{об}}. \quad (38)$$

Окончательное напряжение шага определяется выражением

$$U_{ш} = U_{3.3} \beta_1 \beta_2. \quad (39)$$

Анализ уравнений (36) и (39) показывает, что наибольшее напряжение шага возникает при $X=0$, т.е. когда человек одной ногой стоит на заземлителе, а другая находится на расстоянии ширины нормального шага (0,8 м). При $X > 5...10$ м коэффициент напряжения шага $\beta_1 \rightarrow 0$, следовательно, и напряжение шага тоже стремится к нулю ($U_{ш} \rightarrow 0$). С увеличением сопротивлений оснований $R_{осн}$ и обуви $R_{об}$ коэффициентом β_2 уменьшается, что приводит к снижению напряжения шага.

Исследование напряжений прикосновения и шага

Описание лабораторной установки

На лабораторном стенде нанесена принципиальная схема трехфазной четырехпроводной сети с нейтралью, заземленной через основной заземлитель R_0 , и нулевым проводом, заземленным через повторный заземлитель R_n . На стенде собраны схемы нескольких лабораторных работ. Здесь описываются только элементы схемы, имеющие отношение к данной работе.

Питание сети стенда осуществляется через автотрансформатор, вмонтированный в стенд, который штепселем включается в электрическую сеть. Электрическая сеть стенда включается тумблером B_1 , ее напряжение регулируется автотрансформатором и устанавливается по вольтметру U_ϕ .

Замыкание фазы на корпус электроустановки производится кнопкой K_1 . Расстояние от человека до заземлителя X изменяется переключателями $П_3$ и $П_5$. Переключателем $П_4$ изменяется удельное электрическое сопротивление основания. Кнопки K_3 и K_2 предназначены соответственно для включения переключателей $П_3$ и $П_4$. Тумблером B_2 разрывается нулевой проводник (0 – Н), B_4 отключает вольтметр для измерения напряжения шага, тумблер B_3 предназначен для переключения вольтметра при изменении напряжения прикосновения и напряжения шага.

Порядок выполнения работы

1 Провести исследования изменения напряжений прикосновения $U_{пр}$ в зависимости от расстояния X от человека до места стекания тока в землю.

Привести стенд в исходное положение: тумблеры B_1, B_2, B_4 - в положение 1, B_3 - в положение $U_{пр}$, переключатели $П_3, П_4, П_5$ - в положение 1, $П_6$ - по заданию преподавателя (6...8). Одновременно нажать кнопки K_1, K_2 и K_3 , записать показания прибора (табл. 16). Затем переключатель $П_3$ поставить в положение 2 и измерить величину напряжения прикосновения в этом случае. Для остальных положений переключателя $П_3$ измерения произвести аналогичным образом.

2 Провести исследование зависимости величины напряжения шага $U_{ш}$ от расстояния X человека до заземлителя.

Таблица 16 - Напряжение прикосновения $U_{пр}$ при различных расстояниях человека от заземлителя ($П_6 = \quad$)

Положение переключателя $П_3$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расстояние X от человека до заземлителя, м										
Напряжение прикосновения $U_{пр}$, В										
Ток, проходящий через человека, $I_{ч}$, мА										

Для замера привести стенд в исходное положение: поставить тумблеры B_1 в положение 1, B_2, B_4 - в положение 2, B_3 - в положение $U_{ш}$, переключатели $П_6$ - в заданное положение, $П_4, П_5$ - в положение 1, $П_3$ - в любое, кроме 1. Нажать на кнопки K_1 и K_2 , снять показания прибора и записать их в табл. 17. Затем переключатель $П_5$ поставить в положение 2 и таким же образом произвести измерения. Для остальных положений переключателя $П_5$ измерения произвести аналогичным образом.

Таблица 17 - Напряжение шага $U_{ш}$ при различных расстояниях до заземлителя ($П_6 = \quad$)

Положение переключателя $П_5$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расстояние X от человека до заземлителя, м										
Напряжение шага $U_{ш}$, В										

Ток, проходящий через чело- века $I_{\text{ч}}$, мА										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

3 Провести исследование напряжений $U_{\text{ш}}$ и $U_{\text{пр}}$ в зависимости от величины сопротивления повторного заземлителя $R_{\text{п}}$. Положение переключателя П_3 и П_5 принять в соответствии с указанием преподавателя.

Привести стенд в исходное положение: поставить тумблеры $\text{В}_1, \text{В}_2, \text{В}_4$ в положение 1, В_3 - в положение 1 или 2, П_3 - в заданное положение.

Поставить переключатель П_6 в положение 1, одновременно нажать на кнопки $\text{К}_1, \text{К}_2$ и К_3 , снять показания прибора и записать в табл. 18 (графа $U_{\text{пр}}$). Для остальных положений переключателя П_6 измерения произвести аналогичным образом. Затем поставить тумблеры В_4 в положение 2, В_3 - в положение $U_{\text{ш}}$, нажать одновременно на кнопки К_1 и К_2 , снять показания прибора и записать в той же строке в графе $U_{\text{ш}}$. Для остальных положений переключателя П_6 измерения произвести по указанной выше методике.

Таблица 18 - Напряжения прикосновения и шага при различных значениях сопротивления повторного заземлителя ($\text{П}_3 = \quad, \text{П}_5 = \quad$)

Положение переключателя П_6	Сопротивление повторного заземлителя $R_{\text{п}}, \text{Ом}$	Напряжение прикосновения $U_{\text{пр}}, \text{В}$	Напряжение шага $U_{\text{ш}}, \text{В}$
1	∞		
2	20		
3	15		
4	10		
5	4		
6	1		
7	0		

4 Провести исследование зависимости напряжения прикосновения $U_{\text{пр}}$ от удельного электрического сопротивления основания $\rho_{\text{очн}}$.

Для снятия показаний необходимо поставить $\text{В}_1, \text{В}_4$ в положение 1, В_2 - в положение 2, В_3 - в положение $U_{\text{пр}}$, переключатели П_3 - по заданию преподавателя, П_6 - в положение 1.

Поставить переключатель П_4 в положение 1, одновременно нажать на кнопки $\text{К}_1, \text{К}_2$ и К_3 , снять показания прибора $U_{\text{пр}}$ и записать в первую строку

табл.19. Для остальных положений переключателя П₄ измерения произвести аналогичным методом.

5 Обработать результаты измерений.

Величину тока I_ч, А, проходящего через человека, вычислить из формулы

$$I_{ч} = \frac{U}{R_{ч}},$$

где U - напряжение прикосновения или шага, В;

R_ч - сопротивление тела человека, для расчетов принимается равным 1000 Ом.

Таблица 19 - Напряжение прикосновения при разном удельном электрическом сопротивлении основания ($P_3=$, $P_6=$)

Позиция переключателя P_4	Материал основания	Напряжение прикосновения $U_{пр}$, В	Удельное сопротивление материала основания $\rho_{осн}$, Ом м	Ток, проходящий через человека $I_ч$, мА
1	Земля			
2	Цемент			
3	Дерево сухое (влажность 50-60%)			
4	Линолеум			
5	Дерево влажное (влажность 65-75%)			
6	Дерево мокрое (влажность 80-100%)			

Удельное сопротивление основания $\rho_{осн}$ определить из уравнения

$$\rho_{осн} = 0,67 R_ч \frac{1}{\alpha_2} - 1,$$

где коэффициент α_2 вычисляется из соотношения

$$\alpha_2 = \frac{U_{пр.i}}{U_{пр.з}};$$

где $U_{пр.i}$ - напряжение прикосновения при данном материале основания;
 $U_{пр.з}$ - напряжение прикосновения при материале основания из сухой земли (первая строка табл. 19).

Построить графики зависимостей, полученных на основании результатов экспериментов:

$$U_{пр} = \varphi(X); \quad I_ч = \varphi(X); \quad U_{ш} = \varphi(X); \quad I_ч = \varphi(X);$$

$$U_{пр} = \varphi(R_n); \quad U_{ш} = \varphi(R_n); \quad U_{пр} = \varphi(\rho_{осн}); \quad I_ч = \varphi(\rho_{осн}).$$

Рекомендуется на одном графике строить четыре кривые зависимостей.

Сделать вывод, при каких значениях X , $\rho_{осн}$ величина тока $I_ч$ не превысит допустимого значения 6 мА.

Вопросы

- 1 По какому закону происходит распределение потенциала на поверхности земли при стекании тока в землю через одиночный заземлитель?
- 2 Что такое напряжение прикосновения?
- 3 Что такое напряжение шага? Как оно возникает?
- 4 Как изменяется напряжение шага при удалении от заземлителя?
- 5 Как изменяется напряжение прикосновения при удалении от заземлителя?
- 6 Охарактеризовать основные меры защиты работающих от шаговых напряжений.

Лабораторная работа № 8 Оценка безопасности производственного оборудования

Цель работы

- 1 Изучить основные показатели оценки безопасности производственного оборудования.
- 2 Освоить методику оценки безопасности оборудования.

Общие сведения

Основными требованиями безопасности, предъявляемыми к конструкции машин и механизмов, являются: безопасность для здоровья и жизни человека, надежность, удобство эксплуатации. Общие требования безопасности установлены ГОСТ 12.2.003-74 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности». Их выполнение делает машины и механизмы безопасными не только при эксплуатации, но и монтаже, ремонте, транспортировании и хранении. Согласно этому стандарту **безопасность производственного оборудования** должна обеспечиваться:

- выбором принципов действия, конструктивных схем, безопасных элементов конструкции;
- применением в конструкции средств механизации, автоматизации и дистанционного управления;
- применением в конструкции средств защиты;
- выполнением эргономических требований;
- включением требований безопасности в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортированию и хранению;
- применением в конструкции соответствующих материалов.

Выполнение указанных требований в полном объеме возможно только в том случае, когда их учет производится на этапе **проектирования**. Поэтому принят соответствующий порядок постановки продукции на производство, в соответствии с которым во всех видах проектной документации должны быть предусмотрены требования безопасности.

Оценка безопасности существующего оборудования является важной составной частью аттестации рабочих мест. Она позволяет определить мероприятия по приведению оборудования в соответствие с требованиями стандартов безопасности.

Безопасность оборудования оценивается **коэффициентом безопасности** K_6 , который равен 100 %, если оборудование соответствует требованиям стандартов безопасности на данный вид оборудования.

Сущность **методики оценки безопасности** производственного оборудования:

- составляется список всех возможных нарушений требований безопасности, предъявляемых к данному виду оборудования;
- путем экспертной оценки оценивается важность каждого из нарушений (составляется ранжированная последовательность нарушений);
- каждому из нарушений присваивается коэффициент весомости в соответствии с ранжированной последовательностью, который определяется с помощью нормировочной функции [4], при этом сумма всех весовых коэффициентов равна единице;
- оценивается наличие перечисленных нарушений для конкретного производственного оборудования; при этом следует иметь в виду, что нарушением считается не только отсутствие какого-либо элемента, но и неправильное его исполнение;
- коэффициент безопасности конкретного оборудования K_6 определяется по формуле

$$K_6 = 100 \left(1 - \sum_1^n g_i \right), \quad (40)$$

где $\sum_1^n g_i$ - сумма коэффициентов весомости выявленных нарушений требований безопасности для данного оборудования.

Оценка безопасности оборудования является важной составной частью аттестации рабочих мест. Она позволяет выявить последовательность замены оборудования на новое, либо очередность его модернизации с целью приведения состояния безопасности в соответствие с требованиями стандартов безопасности. Кроме того, количественная оценка уровня безопасности используемого оборудования позволяет наметить и обосновать мероприятия по повышению безопасности рабочих мест.

Количественная оценка уровня безопасности

Количественную оценку уровня безопасности проводим на примере металлорежущих станков.

Основным документом, в котором содержатся все требования безопасности к металлорежущим станкам, является ГОСТ 12.2.003-80 ССБТ «Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности».

В качестве образца производственного оборудования в работе используется электрофицированный стенд, на котором изображен металлорежущий токарно-винторезный станок. С помощью светодиодов на станке можно указать 10 существенных нарушений безопасности, каждое из которых имеет свой номер и включается своим выключателем.

На стенде высвечиваются следующие 10 нарушений требований безопасности:

- отсутствие вводного выключателя;
- большое время остановки шпинделя после отключения станка;
- отсутствие ограждения ходового винта;
- повышенный уровень вибрации, передающийся на рабочие места (отсутствие виброопор);
- отсутствие защитного экрана зоны резания;
- отсутствие местного освещения;
- отсутствие защитного ограждения шпинделя;
- неудобное расположение органов управления;
- неправильное устройство (или отсутствие) защитного заземления (зануления);
- несоответствующая форма и окраска органа аварийного отключения.

Последовательность проведения работы

1 Оценить уровень безопасности токарного участка, состоящего из 10 станков, (соответственно 10 групп студентов). Каждый станок может иметь 10 нарушений требований безопасности (перечень см. выше). Путем обсуждения провести экспертную оценку данных нарушений и составить ранжированную последовательность в порядке убывания важности.

2 Каждому из нарушений присвоить коэффициент весомости в соответствии с выявленной ранжированной последовательностью (табл. 20).

Таблица 20 – Значения коэффициентов весомости нарушений g_i в зависимости от их места в ранжированной последовательности

Номер нарушения в ранжированной последовательности									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,25	0,25	0,19	0,125	0,08	0,05	0,027	0,015	0,08	0,005

3 Получить у преподавателя вариант задания (каждая группа) – перечень 5 нарушений, выявленных у данного станка.

4 Рассчитать коэффициент безопасности станка по формуле (40), результаты свести в общую таблицу 21. Наметить последовательность замены станков на более безопасные.

5 При отсутствии возможности замены станков разработать мероприятия по модернизации каждого станка с целью приведения их в соответствие с требованиями стандартов безопасности. Обсудить мероприятия и принять только те, которые носят выполнимый характер. Заполнить паспорт безопасности по форме, приведенной в табл. 22.

Таблица 21 – Коэффициенты безопасности токарно-винторезных станков

№ станка	Коэффициент безопасности до модернизации	Последовательность замены станков	Коэффициент безопасности после модернизации	Последовательность замены станков

Таблица 22 – Паспорт безопасности токарно-винторезного станка

№ п/п	Отмеченные нарушения	Коэффициент весомости нарушения	Мероприятия по устранению нарушений	Коэффициент весомости нарушения после модернизации
1				
2				
3				
4				
5				
Коэффициент безопасности станка до модернизации				
Коэффициент безопасности станка после модернизации				

6 Рассчитать коэффициент безопасности с учетом выполнения разработанных мероприятий. Выявить новую последовательность замены станков.

Вопросы

1 Перечислить основные требования безопасности, предъявляемые к производственному оборудованию.

2 Что характеризует коэффициент безопасности оборудования?

3 Охарактеризовать сущность методики количественного определения коэффициента безопасности оборудования.

4 Каким образом возможно осуществить все требования безопасности, предъявляемые к производственному оборудованию?

5 Охарактеризовать значение проведения оценки уровня безопасности оборудования.

Литература

1 Зошит для лабораторних робіт з дисципліни “Основи охорони праці” з використанням ПЕОМ / Уклад.: Н.М. Глиняна, Г.Л. Юсіна, Л.В. Дементій. – Краматорськ: ДДМА, 2000. – 24 с.

2 Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов. – М.: Машиностроение, 1978. – 272 с.

3 Центробежные вентиляторы: Справочник /Под ред. Л.С.Соломехова, К.В. Чебышева. – М.: Машиностроение, 1980. – 195 с.

4 Гмошинский В.Г. Инженерное прогнозирование. – М.: Энергоиздат, 1982. - 237 с.

Содержание

Лабораторная работа № 1. Пожароопасные свойства веществ и первичные средства пожаротушения	3
Лабораторная работа № 2. Измерение и расчет основных параметров шума	10
Лабораторная работа № 3. Исследование метеорологических условий производственных помещений	15
Лабораторная работа № 4. Испытание и оценка вентиляционной установки	25
Лабораторная работа № 5. Исследование характеристик промышленного освещения	33
Лабораторная работа № 6. Исследование электробезопасности в сетях трехфазного тока напряжением до 1000 В	42
Лабораторная работа № 7. Исследование напряжения прикосновения и шага	48
Лабораторная работа № 8. Оценка безопасности производственного оборудования	55
Литература	59

**Методические указания
к лабораторным работам
по курсу «Основы охраны труда»
для студентов всех специальностей**

Составители: Дементий Лариса Владимировна,
Глиняная Наталья Михайловна,
Габузов Валентин Гайкович

Редактор: Хахина Нелли Александровна

Подп. в печ.

Офсетная печать. Усл. печ. л. 3,75.

Тираж 325 экз.

Формат 60 x 90 / 16.

Уч. – изд. л. 2,72.

ДГМА, 84313, Краматорск, ул. Шкадинова, 72