

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Казанский государственный технологический университет»
Нижекамский химико – технологический институт

**Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»**

2006

Составители: доц. Г. Ф. Нафиков
ст. преп. Э. Г. Гарайшина

Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Безопасность жизнедеятельности» /Казан. гос. технол. ун-т; Сост.: Г.Ф.Нафиков, Э.Г. Гарайшина. Казань, 2006. с.

Рассмотрены методики проведения лабораторных работ для изучения эффективности качества освещения на лабораторном стенде, для оценки освещенности на рабочем месте и для проведения расчетов искусственного и естественного освещения, для изучения эффективности мероприятий по снижению шума и вибрации средствами звукоизоляции и виброзащиты.

Предназначены для студентов технологических и механических специальностей, изучающих курс «Безопасность жизнедеятельности».

Подготовлены на кафедре «Процессы и аппараты химической технологии».

Печатаются по решению методической комиссии по циклу дисциплин механического профиля НХТИ.

Рецензенты: доц. Р.Н.Салахиев
доц. М.Г.Гарипов

Лабораторная работа 1

Эффективность и качество освещения

Цель работы: изучение количественных и качественных характеристик освещения, оценка влияния типа светильника и цветовой отделки интерьера помещения на освещенность и коэффициент использования светового потока; исследования освещения рабочего места и повести расчет искусственного и естественного освещения.

1.1. Общие сведения

Освещение – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Оно влияет на настроение и самочувствие, определяет эффективность труда.

Рациональное освещение помещения и рабочих мест – одно из важнейших условий создания благоприятных и безопасных условий труда.

Около 80% из общего объема информации человек получает через зрительный аппарат. Качество получаемой информации во многом зависит от освещения: неудовлетворительное в количественном или качественном отношении освещение не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Нерационально организованное освещение может, кроме того, явиться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации освещенности ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта.

В зависимости от источника света освещение может быть трех видов: естественное, искусственное и совмещенное (смешанное).

Для гигиенической оценки освещения используются светотехнические характеристики, принятые в физике.

Видимое *излучение* – участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длин волн от 380 до 770 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$), регистрируемых человеческим глазом.

Световой *поток* F – мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею зрительному ощущению. За единицу светового потока принят люмен (лм).

Сила света J_α – пространственная плотность светового потока:

$$J_\alpha = \frac{dF}{d\omega}, \quad (1.1)$$

где dF – световой поток (лм), равномерно распределяющийся в пределах телесного угла $d\omega$. Единица измерения силы света – кандела (кд), равная световому потоку в 1 лм (люмен), распространяющемуся внутри телесного угла в 1 стерадиан.

Освещенность – поверхностная плотность светового потока, люкс (лк):

$$E = \frac{dF}{dS}, \quad (1.2)$$

где dS – площадь поверхности (м^2), на которую падает световой поток dF .

Яркость B – поверхностная плотность силы света в заданном направлении. Яркость, являющаяся характеристикой светящихся тел, равна отношению силы света в каком-либо направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению.

$$B = \frac{J_\alpha}{dS \cdot \cos \alpha}, \quad (1.3)$$

где J_α – сила света, кд; dS – площадь излучающей поверхности, м^2 ; α – угол между направлением излучения и плоскостью, град. Единицей измерения яркости является $\text{кд}/\text{м}^2$, это яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света в 1 кд с площади 1 м^2 .

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых испытывается недостаток естественного света, а также для освещения помещения в те часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

По принципу организации искусственного освещения можно разделить на два вида: общее и комбинированное.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным или локализованным. Общее равномерное освещение создает условия для выполнения работ в любом месте освещаемого пространства. При общем локализованном освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создавать повышенную освещенность на рабочих местах.

Комбинированное освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, а также при необходимости создания в процессе работы определенной направленности светового потока. Местное освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним участках. Оно может быть стационарным и переносным применение только местного освещения в производственных помещениях запрещается, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными местами утомляет зрение, замедляет скорость работы и не редко является причиной несчастных случаев.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное и охранное.

Рабочее освещение предусматривается для помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работ, прохода людей и движения транспорта.

Аварийное освещение в помещениях и на местах производства работ необходимо предусматривать, если отключение рабоче-

го освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса или работы объектов жизнеобеспечения. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

Эвакуационное освещение следует предусматривать в местах, отведенных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей в количестве более 50 человек. Это освещение должно обеспечивать на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц освещенность не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытой территории.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территории охраняемой в ночное время. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли.

В качестве источников искусственного освещения применяются *лампы, накаливания и газоразрядные лампы.*

В лампах накаливания источником света является раскаленная вольфрамовая проволока. Эти лампы дают непрерывный спектр излучения с повышенной (по сравнению с естественным светом) интенсивностью в желто-красной области спектра. По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные газонаполненные, бесспиральные (галогенные).

Общим недостатком ламп накаливания является сравнительно небольшое срок службы (менее 2000 часов) и малая световая отдача (отношение создаваемого лампой светового потока к потребляемой электрической мощности) (8 - 20 лм/Вт). В промышленности они находят применение для организации местного освещения.

Наибольшее применение в промышленности находят *газоразрядные лампы* низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления называемые *люминесцентными*, содер-

жат стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором, наполненную дозированным количеством ртути (30 - 80 мг) и смесью инертных газов под давлением около 400 Па. На противоположных концах внутри трубки размещаются электроды между которыми, при включении лампы в сеть, возникает газовый разряд сопровождающийся излучением преимущественно в ультрафиолетовой области спектра. Это излучение, в свою очередь, преобразуется люминофором в видимое световое излучение. В зависимости от состава люминофора люминесцентные лампы обладают различной цветностью.

В последние годы появились газоразрядные лампы низкого давления со встроенным высокочастотным преобразователем. Газовый разряд в таких лампах (называемый вихревым) возбуждается на высоких частотах (десятки кГц) за счет чего обеспечивается очень высокая светоотдача.

К газоразрядным лампам высокого давления (0,03 - 0,08 МПа) относят дуговые ртутные лампы (ДРЛ). В спектре излучения этих ламп преобладают составляющие зелено-голубой области спектра.

Основными достоинствами газоразрядных ламп является их долговечность (свыше 10000 часов), экономичность, малая себестоимость изготовления, благоприятный спектр излучения, обеспечивающий высокое качество цветопередачи, низкая температура поверхности. Светоотдача этих ламп колеблется в пределах от 30 до 105 лм/Вт, что в несколько раз превышает светоотдачу ламп накаливания.

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливается в зависимости от характеристики зрительной работы и регламентируется строительными нормами и правилами СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение".

Характеристика зрительной работы определяется минимальным размером объекта различения, контрастом объекта с фоном

и свойствами фона.

Объект различения - рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые следует контролировать в процессе работы.

Фон - поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается: светлым при коэффициенте отражения ρ светового потока поверхностью более 0,4; средне светлым при коэффициенте отражения от 0,2 до 0,4; темным при коэффициенте отражения менее 0,2.

Контраст объекта различения с фоном (K) определяется отношением абсолютной величины разности яркостей объекта B_0 и фона B_f к наибольшей из этих двух яркостей. Контраст считается большим при значениях K более 0,5 средним - при значениях K от 0,2 до 0,5; малым - при значениях K менее 0,2.

В соответствии со СНиП 23-05-95 все зрительные работы делятся на 8 разрядов в зависимости от размера объекта различения и условий зрительной работы. Допустимые значения наименьшей освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях в соответствии со СНиП 23-05-95 приведены в Приложении 1. (В зарубежных нормах размер объект; различения часто указывают в угловых минутах).

Кроме цветности источников света и цветовой отделки интерьера, влияю на субъективную оценку освещения, важным параметром, характеризую качество освещения, является коэффициент пульсации освещенности K_n :

$$K_n = \frac{(E_{\max} - E_{\min})}{2 \cdot E_{\text{cp}} \cdot 100\%}, \quad (1.4)$$

где: E_{\max} - максимальное значение пульсирующей освещенности на рабочей поверхности; E_{\min} - минимальное значение пульсирующей освещенности; E_{cp} - среднее значение освещенности.

Пульсации освещенности на рабочей поверхности не только утомляют зрение, но и могут вызывать неадекватное восприятие

наблюдаемого объекта за счет появления стробоскопического эффекта. *Стробоскопический эффект* - кажущееся изменение или прекращение движения объекта, освещаемого светом, периодически изменяющимся с определенной частотой. Например, если вращающийся белый диск с черным сектором освещать пульсирующим световым потоком (вспышками), то сектор будет казаться: неподвижным при частоте $f_{всп} = f_{вращ}$, медленно вращающимся в обратную сторону при $f_{всп} > f_{вращ}$, медленно вращающимся в ту же сторону при $f_{всп} < f_{вращ}$, где $f_{всп}$ и $f_{вращ}$ - соответственно частоты вспышек и вращения диска. Пульсации освещенности на вращающихся объектах могут вызывать видимость их неподвижности, что в свою очередь, может явиться причиной травматизма.

Значение K_n меняется от нескольких процентов (для ламп накаливания) нескольких десятков процентов (для люминесцентных ламп). Малое значение K_n для ламп накаливания объясняется большой тепловой инерцией нити накала, препятствующей заметному уменьшению светового потока $F_{лн}$ ламп в момент перехода мгновенного значения переменного напряжения сети через 0. В то же время газоразрядные лампы обладают малой инерцией и меняют световой поток $F_{лг}$ почти пропорционально амплитуде сетевого напряжения.

Для уменьшения коэффициента пульсации освещенности K_n люминесцентные лампы включаются в разные фазы трехфазной электрической сети. Это хорошо поясняет нижняя кривая, где показан характер изменения во времени светового потока (и связанной с ним освещенности), создаваемого тремя люминесцентными лампами $3F_{лг}$, включенными в фазу А и в три различные фазы сети. В последнем случае за счет сдвига фаз на $1/3$ периода провалы в световом потоке каждой из ламп компенсируются световыми потоками двух других ламп, так что пульсации суммарного светового потока существенно уменьшаются. При этом среднее значение освещенности, создаваемой лампами, остается

неизменным и не зависит от способа их включения.

В соответствии со СНиП 23-05-95 коэффициент пульсации освещенности K_n нормируется в зависимости от разряда зрительных работ с сочетай показателем освещенности P :

$$P = (s-1) \cdot 10^3, \quad (1.5)$$

где s – коэффициент ослепленности, определяемый как:

$$s = \frac{(\Delta B_{\text{пор}})_s}{\Delta B_{\text{пор}}}, \quad (1.6)$$

где $\Delta B_{\text{пор}}$ – пороговая разность яркости объекта и фона при обнаружении объекта на фоне равномерной яркости, $(\Delta B_{\text{пор}})_s$ – то же при наличии в поле зрения блеского (яркого) источника света.

На освещенность рабочих поверхностей в производственном помещении влияют отражение и поглощение света стенами, потолком и другими поверхностями, расстояние от светильника до рабочей поверхности, состояние излучающей поверхности светильника, наличие рассеивателя света и т.д. Вследствие этого полезно используется лишь часть светового потока, излучаемого источником света.

Расчет искусственного освещения предусматривает: выбор типа источника света, системы освещения и светильника, проведение светотехнических расчетов, распределение светильников и определение потребляемой системой освещения мощности. Величина, характеризующая эффективность использования источников света, называется *коэффициентом использования светового потока* или *коэффициентом использования осветительной установки* (η) и определяется как отношение фактического светового потока ($F_{\text{факт}}$) к суммарному световому потоку ($F_{\text{ламп}}$) используемых источников света, определенному по их номинальной мощности в соответствии с нормативной документацией:

$$\eta = \frac{F_{\text{факт}}}{F_{\text{ламп}}}. \quad (1.7)$$

Значение фактического светового потока $F_{\text{факт}}$ можно определить по результатам измерений в помещении средней освещенности $E_{\text{ср}}$ по формуле:

$$F_{\text{факт}} = E_{\text{ср}} \cdot S, \quad (1.8)$$

где S - площадь помещения, м^2 .

При проектировании освещения для оценки светового потока $F_{\text{факт}}$ используется формула:

$$F_{\text{факт}} = E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z, \quad (1.9)$$

где: E - нормируемая освещенность, лм (Приложение 1), K_3 - коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников (обычно K_3 - 1,3 для ламп накаливания и 1,5 для люминесцентных ламп). Z - коэффициент неравномерности освещения (обычно $Z = 1,1 - 1,2$).

Отражающие свойства поверхностей помещения можно учесть с помощью коэффициента отражения светового потока ρ . В случае равномерно диффузного отражения, когда отраженный световой поток рассеивается с одинаковой яркостью во всех направлениях, яркость участка равномерно диффузно отражающей поверхности равна:

$$B_{\text{отр}} = \frac{E \cdot \rho}{\pi}, \quad (1.10)$$

Расчет освещения производится методом светового потока (коэффициент использования) по точечному методу и по удельной мощности.

Метод светового потока применяется при равномерном расположении светильников и при нормированной горизонтальной освещенности (E_n). Световой поток лампы Φ_l (лм) рассчитывают по формуле:

$$\Phi_{л} = \frac{100 \cdot E_{н} \cdot S_{п} \cdot K \cdot Z}{n_{св} \cdot \eta}, \quad (1.11)$$

где $E_{н}$ - минимальная нормированная освещенность (Л К) (табл.1), применяемая по СНиП 23.05-95; $S_{п}$ - площадь помещения, м; K - коэффициент запаса (1,4÷1,7); Z - коэффициент минимальной освещенности, равный отношению $E_{ср}/E_{min}$: для ламп накаливания и ДРЛ - 1,15; для люминесцентных - 1,1; $n_{св}$ - число светильников или ламп; η - коэффициент светового потока (в табл.4). Он зависит от индекса помещения i , коэффициент отражения стен ρ_c , потолка ρ_n и типа светильника. Коэффициент отражения оцениваются субъективно (табл. 5).

Индекс помещения i определяют по формуле:

$$i = \frac{ab}{H_{св} \cdot (a+b)}, \quad (1.12)$$

где a и b - ширина и длина помещения, м; $H_{св}$ - высота подвеса светильников.

Для расчета общего равномерного локализованного освещения помещений и открытых пространств, а также местного освещения при любом расположении освещаемых поверхностей применяется *точечный метод*.

Освещенность какой-либо точки А горизонтальной поверхности выражается формулой

$$E = \frac{J_A \cdot \cos^3 \alpha}{H_{св}^2}, \quad (1.13)$$

где J_A - сила света (Кг), заданная для условной лампы со световым потоком 1000 лм; α - угол между вертикальной плоскостью и направлением светового потока на освещаемую точку; $H_{св}$ - высота подвеса светильника, м.

Относительная освещенность:

$$\varepsilon = J_A \cdot \cos^3 \alpha, \quad (1.14)$$

Условная освещенность при $E = e$:

$$e = \frac{\varepsilon}{H_{\text{св}}^2}. \quad (1.15)$$

Условную освещенность определяют по графику зависимости $e = f(d/H_{\text{св}})$, где d - расстояние контрольной точки А до проекций светильников.

Расчет горизонтальной освещенности в контрольной точке производят по формуле:

$$E = \frac{\Phi \mu \sum e}{1000 \cdot K}, \quad (1.16)$$

где μ - коэффициент, учитывающий дополнительную освещенность от удаленных светильников и отраженного светового потока (1,1 ÷ 1,2); K - коэффициент запаса (1,3 ÷ 1,5) в зависимости от периодичности чистки светильников; $\sum e$ - общая условная освещенность от всех светильников.

Если же требуется найти освещенность для лампы произвольным световым потоком Φ , то формула принимает следующий вид:

$$E = \frac{\Phi e}{1000 \cdot H_{\text{св}}^2}. \quad (1.17)$$

Если мощность источника света не выбрана, то световой поток можно найти по нормированной освещенности:

$$\Phi = \frac{E_{\text{н}} \cdot 100 \cdot K}{\mu \cdot \sum e} \quad (1.18)$$

Расчет по удельной мощности основан на анализе большого количества светотехнических расчетов, выполненных по методу коэффициента использования светового потока.

Удельную мощность определяют по формуле:

$$W_y = \frac{W}{S_n}, \quad (1.19)$$

где W - мощность источников света всех осветительных установок; S_n - площадь помещения, м.

Значение удельной мощности зависит от светильников, размещения их в помещениях, мощности, типа ламп, характеристики освещаемого помещения. Метод применяется при расчете общего равномерного освещения, особенно для помещений большой площади.

1.2. Содержание работы

Задание 1. Исследовать эффективность и качество освещения.

Измерить освещенность, создаваемую различными источниками света и сравнить с нормируемыми значениями. По измеренным значениям, освещенности определить коэффициент использования осветительной установки. Измерить и сравнить коэффициенты пульсаций освещенности создаваемой различными источниками света, оценить зависимость коэффициента пульсаций освещенности от способа подключения ламп к фазам трехфазной сети.

1.3. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из макета производственного помещения оборудованного различными источниками искусственного освещения, и люксметра-пульсметра для измерения значений освещенности и коэффициента её пульсаций. Макет и люксметр-пульсметр устанавливаются: на стол лабораторный.

Макет имеет каркас из алюминиевого профиля, пол, потолок, боковые стенки, заднюю стенку и переднюю стенку. Задняя и боковые стенки являются съемными и могут устанавливаться любой из двух сторон внутрь макета помещения, фиксируясь в проемах каркаса с помощью магнитных защелок. Одна сторона стенок окрашена в светлые тона, другая - в темные тона, при этом нижняя окрашенная: половина стенки темнее верхней.

Передняя стенка жестко смонтирована в каркас и выполнена из тонированного прозрачного стекла.

В передней нижней части каркаса предусмотрено окно для установки измерительной головки люксметра-пульсметра внутрь каркаса.

На полу размещен вентилятор для наблюдения стробоскопической эффекта и охлаждения ламп в процессе работы.

На потолке размещены патроны, в которых установлены две лампы накаливания, три люминесцентные лампы типа КЛ9, галогенная лампа и люминесцентная лампа типа СКЛЭН с высокочастотным преобразователем. Вертикальная проекция ламп отмечена на полу цифрами, соответствующими номерам ламп на лицевой панели макета.

Включение электропитания установки производится автоматом защиты находящимся на задней панели каркаса, и регистрируется сигнальной лампой расположенной на передней панели каркаса.

На передней панели каркаса расположены органы управления и контроля, в том числе:

- лампа индикации включения напряжения сети;
- переключатель для включения вентилятора;
- ручка регулирования частоты вращения вентилятора;
- переключатели для включения ламп.

Электропитание ламп накаливания и люминесцентных ламп осуществляется от разных фаз. Схема позволяет включать отдельно каждую лампу с помощью соответствующих переключателей, расположенных на передней панели каркаса.

На задней панели каркаса расположен автомат защиты сети и сдвоенная розетка с напряжением 220В для подключения измерительных приборов.

Люксметр – пульсметр содержит корпус на лицевой панели которого расположен стрелочный индикатор, переключатель режима измерения (освещенность E – коэффициент пульсации $K_{П}$), переключатель диапазона измерения (100 – 30) и переключатель включения напряжения сети со встроенным индикатором.

На задней стенке корпуса закреплен сетевой шнур с вилкой и держатель предохранителя. В качестве приемника светового потока используется измерительная головка с насадками. При выключенном питании прибор работает как люксметр (Ю – 116) и позволяет измерять освещенность в диапазоне от 5 до 100000 лк. Выбор диапазона определяется насадками. В положении 100 переключателя диапазона измерения с насадками К и М измеряется освещенность до 1000 лк, с насадками К и Р – до 10000 лк и с насадками К и Т – до 100000 лк. В положении 30 переключателя диапазона измеряется с этими же насадками измеряется освещенность до 300 лк, 3000 лк и 30000 лк, соответственно.

При включении питания прибор позволяет измерять коэффициент пульсации освещенности в диапазоне от 0 до 30% или от 0 до 100% в зависимости от положения переключателя диапазона измерения. Следует обратить внимание на то, чтобы измерения коэффициента пульсации производилось при тех же насадках, что и измерение освещенности.

1.4. Порядок проведения лабораторной работы

- Установить стенки макета производственного помещения таким образом, чтобы стороны, окрашенные в темные тона были обращены внутрь помещения.
- Включить установку с помощью автомата защиты, находящимся на задней панели каркаса.
- Включить лампы (выбор ламп производится по заданию преподавателя).
- Произвести измерение освещенности с помощью люксметра – пульсаметра не менее чем в пяти точках макета производственного помещения (в центре и углах пола), определить среднее значение освещенности $E_{ср}$.
- Установить стенки макета производственного помещения таким образом, чтобы стороны, окрашенные в светлые тона были обращены внутрь помещения.

- Произвести измерение освещенности не менее чем в пяти точках макета производственного помещения, определить среднее значение освещенности.
- Сравнить полученные в результате измерений значения освещенности с допустимыми значениями освещенности, приведенными в Приложении 1 (разряд зрительных работ принять по указанию преподавателя).
- По результатам измерений освещенности для варианта с темной и светлой окраской стен вычислить значение фактического светового потока $F_{\text{факт.}}$ по формуле (1.20)

$$F_{\text{факт.}} = E_{\text{ср}} \cdot S, \quad (1.20)$$

где $E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности; S – площадь макета помещения, м^2 .

Вычислить коэффициент использования осветительной установки η для варианта с темной и светлой окраской стен по формуле (1.7). Суммарный световой поток $F_{\text{ламп}}$ выбрать по номинальной мощности для каждого типа ламп по табл. 1.

Таблица 1.1

Тип ламп	Номинальная мощность, Вт	Номин. световой поток, лм
Лампа накаливания	60	730
Лампа накаливания криптоновая	60	800
Лампа люминесцентная КЛ9	9	600 (465)*
Лампа люминесцентная СКЛЭН	11	700
Лампа галогенная	50	850

*После минимальной продолжительности горения (2000 часов)

- Повторить измерения для другого типа ламп.
- Сравнить значения коэффициентов использования осветительных установок, полученные для случаев с использованием различных источников света и различной окраской стен.

- С помощью люксметра – пульсаметра измерить коэффициент пульсации освещенности при включении одной лампы накаливания, а затем – при включении одной люминесцентной лампы типа КЛ9. Сравнить полученные значения.
- Измерить и сравнить между собой коэффициенты пульсации освещенности при включении одной люминесцентной лампы, затем – двух и наконец, при включении трех люминесцентных ламп типа КЛ9. (Следует учесть, что люминесцентные лампы включены в три различные фазы трехфазной сети, поэтому измерительную головку люксметра – пульсаметра необходимо располагать в геометрическом центре системы включенных ламп).
- Включить люминесцентную лампу типа КЛ9 в центре установки и вентилятор. Вращая ручку «Частота», регулируемую скорость вращения стробоскопический эффект (лопасти кажутся неподвижными).
- Выключить стенд. Составить отчет о работе.

Задание 2. Исследовать рабочее освещение. Измерить освещенность на рабочих местах (по указанию преподавателя) с помощью люксметра Ю – 16.

По результатам измерения определить разряд зрительной работы, которую можно выполнять в лаборатории, с учетом характеристик рабочего места и освещения, согласно Приложению 1.

Задание 3. Провести расчет искусственного освещения в помещении конструкторского бюро (или другого помещения) методом коэффициента использования светового потока (вариант по указанию преподавателя) (табл.1.1).

Ход работы:

Вычислить площадь помещения.

Определить индекс помещения по формуле 1.2.

Найти значения коэффициента использования светового по-

тока (табл.1.2).

Определить значение коэффициента запаса (K) (табл.1.3).

По нормам освещения Приложение 11 выбрать значения нормированного освещения (E_n), соответствующее выполнению данной работе.

Рассчитать световой поток лампы по формуле (1.1).

Таблица 1.2

Варианты задания

Варианты	1	2	3	4	5	6
Показатели	светильники					
	Астра УПМ- 15	УПД	НСП- 07	ВЗГ с от- ража- теле	ЛПС- 01	ПВЛ
Длина помеще- ния, А, м	10	12	18	25	30	40
Ширина поме- щения, В,м	8	10	12	15	20	24
Высота подвеса светильников, $H_{св}$,м	1,8	2,5	3	4	8	13
Количество све- тильников	1,0	15	25	45	70	80
Коэффициент неравномерности освещения, Z	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1

Таблица 1.3

Коэффициент использования светового потока

Светильники	Астра УПМ-15			УПД			НСП-07		
$\rho_n, \%$	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$\rho_c, \%$	10	30	50	10	30	50	10	30	50
	Коэффициент использования, η								
0,5	17	21	25	21	24	28	14	16	22
0,6	23	27	31	25	28	34	19	21	27
0,7	30	34	39	29	39	38	23	24	29
0,8	34	38	44	33	36	42	25	26	33
0,9	37	41	47	38	40	44	27	29	35
1	39	43	49	40	42	47	29	31	37
1,5	41	50	55	46	51	57	34	37	44
2	51	55	60	54	58	62	38	41	48
3	58	62	66	61	64	67	44	47	54
4	62	66	70	64	67	70	46	50	59
5	64	69	73	66	69	72	48	52	61
Светильники	ВЗГ с отражателем			ЛПС-01			ПВЛ		
$\rho_n, \%$	30	50	70	30	50	70	30	50	70
$\rho_c, \%$	10	30	50	10	30	50	10	30	50
	Коэффициент использования, η								
0,5	12	14	17	23	26	31	11	13	18
0,6	16	18	21	30	33	37	14	17	23
0,7	19	21	24	35	38	42	16	20	27
0,8	21	24	26	39	41	45	19	23	29
0,9	23	25	28	42	44	48	21	27	32
1	25	27	29	44	46	49	23	28	34
1,5	29	30	39	50	52	56	30	36	42
2	32	33	35	55	57	60	35	40	46
3	35	37	39	60	62	66	4	45	53
4	37	39	41	63	65	68	44	48	54
5	38	40	42	64	66	70	48	51	57

Таблица 1.4

Коэффициент запаса (K_3) для искусственного освещения

Помещения	Коэффициент запаса		
	Количество чисток светильников в год		
	Эксплуатационная группа светильника по приложению СНиП 23.05-95		
	1-4	5-6	7
1. Производственных помещения			
а) свыше $5 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ пыли, дыма	$\frac{2,0}{18}$	$\frac{1,7}{6}$	$\frac{1,6}{4}$
б) $1 \div 5 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$	$\frac{1,8}{6}$	$\frac{1,6}{6}$	$\frac{1,6}{2}$
в) менее $1 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$	$\frac{1,5}{4}$	$\frac{1,4}{2}$	$\frac{1,4}{2}$
г) пары кислот, щелочей, газов	$\frac{1,8}{6}$	$\frac{1,6}{4}$	$\frac{1,6}{4}$
2. Помещения общественных и жилых зданий			
а) пыльные, жаркие и сырые	$\frac{1,7}{2}$	$\frac{1,6}{2}$	$\frac{1,6}{2}$
б) с нормальными условиями среды	$\frac{1,4}{2}$	$\frac{1,4}{2}$	$\frac{1,4}{2}$

Таблица 1.5

Значение коэффициентов отражения потолка и стен (%)

Состояние потолка	$\rho_{п}$, %	Состояние стен	$\rho_{с}$, %
Свежепобеленный	70	Свежепобеленные с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленный, в сырых помещениях	50	Так же без штор	50
Чистый бетонный	50	Бетонные с окнами	30
Светлый деревянный: окрашенный	50	Оклеенные светлыми обоями	30
Светлый деревянный: неокрашенный	30	Грязные	10
Бетонный грязный	30	Кирпичные неотштукатуренные	10
Грязный (склады, кузницы)	10	С темными обоями	10

Таблица 1.6

Лампы накаливания нормальные

Типы ламп		Мощность Вт	Световой поток	
127 В	220 В		ламп 127 В	ламп 220 В
НВ-11	НВ-24	25	260	220
НВ-12	НВ-25	40	490	400
НГ-21	НГ-27	60	820	715
НГ-23	НГ-48	100	1630	1450
НГ-24	НГ-49	150	2300	2000
НГ-25	НГ-50	200	3200	2800
НГ-26	НГ-51	300	4950	4600
НГ-28	НГ-53	500	9100	8300

НВ – вакуумные лампы; НГ – газонаполненные лампы.

Таблица 1.7

Величина светового потока люминесцентных ламп

Тип ламп	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Световой поток, лм
ЛДЦ-15	15	58	450
ЛД-15			525
ЛХБ-15			600
ЛДЦ-20	20	60	620
ЛД-20			760
ЛХБ-20			900
ЛДЦ-30	30	108	1100
ЛД-30			1380
ЛБ-30			1740
ЛДЦ-40	40	108	1520
ЛД-40			1960
ЛХБ-40			2200
ЛДЦ-80	80	108	2720
ЛХБ-80			3840
ЛБ-80			4320
ДРЛ-80	80	115	2000
ДРЛ-125	125	125	4800
ДРЛ-400	400	143	18000
ДРЛ-250	250	140	9500

7. Подобрать лампу по полученному световому потоку и привести их характеристику (табл. 1.6, 1.7)

Задание 4. Определить величину светового потока и выбрать лампы точечным методом расчета (табл.1.8).

Таблица 1.8

Исходные данные для расчета

Вариант	Сила света, Kg	$\cos \alpha$	Высота подвеса $H_{св}$, м	μ	К	α
1÷20	0,2÷50	0,1÷1	1,8÷13	1,1÷1,2	1,3÷1,5	0,1÷10

Задание 5. Расчет естественного освещения. Согласно СНиП 23.05-95 устанавливают коэффициент естественного освещения e_n (KE_O) исходя из разряда зрительной работы, которой определяют с учетом наименьших размеров объектов различения, фона, контраста объекта с фоном и коэффициента светового климата по табл. 5.2 СНиП 23.05-95. группы административных районов России по ресурсам светового климата приведены в приложении 1 СНиПа.

При расчете естественного освещения определяют размеры оконного проема по формулам:

Для бокового освещения:

$$S_0 = \frac{e_n \cdot S_n \cdot h_0 \cdot K_3}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100},$$

где S_0 – размеры оконного проема, м; e_n – нормированный коэффициент естественного освещения, %; h_0 – характеристика оконного проема $h_0 = 6,5 \div 66$; K_3 – коэффициент, учитывающий затенения окон противостоящими зданиями и деревьями $K_3 = 1,0 \div 1,7$; τ_0 – коэффициент светопропускания окон: $\tau_0 = 0 \div 1$; r_1 – коэффициент, учитывающий влияние отраженного света от поверхности оборудования и стен.

Ход расчета:

1. Определить площадь пола, m^2 ;
2. Установить нормированную величину коэффициента естественного освещения (e_n) (KE_O) по табл.1.9. Для производственных помещений допускается нормированные значения KE_O принимать в соответствии с табл.9 СНиПа.

Таблица 1.9

Разряд зрительной работы	Наименьшее нормированное значение KE_0, e_n при совмещенном освещении	
	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
I	3	1,2
II	2,5	1
III	2	0,7
IV	1,5	0,5
V и VII	1	0,3
VI	0,7	0,2

3. Выбрать коэффициенты h_0, τ_0, r , средние значения.
4. Определить размеры бокового оконного проема по формуле 1.21.

Для расчета верхнего освещения используется формула:

$$S_b = \frac{e_n \cdot S_n \cdot h_b}{\tau_0 \cdot r_2 \cdot 100},$$

где h_b – характеристика верхнего оконного проема $h_b = 2,0 \div 9,1$;
 r_2 – коэффициент, учитывающий влияние отраженного света от поверхности оборудования и стены: $r_2 = 1,05 \div 1,7$.

Для расчета величины коэффициентов выбираются средние значения.

Таблица 1.10

Коэффициент светового климата

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата				
		Номер группы административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах зданий	С	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	З, В	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1,1	1,2	0,8
	Ю	1	0,85	1,1	1,2	0,75
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	С-10	1	0,9	1,1	1,2	0,75
	СВ-ЮЗ, ЮВ-СЗ	1	0,9	1,2	1,2	0,7
	В-3	1	0,9	1,1	1,2	0,7
В фонарях типа «Швед»	С	1	0,9	1,2	1,2	0,7
В зенитных фонарях	-	1	0,9	1,2	1,2	0,75

Таблица 1.14

Группа административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административный район
1	Московская, Владимирская, Тульская, Нижегородская, Свердловская, Пермская, Челябинская, Новосибирская, Кемеровская, Чувашия, Удмуртия, Башкортостан, Татарстан, области севернее 63 ⁰ с.ш.
2	Брянская, Курская, Орловская, Тамбовская, Самарская, Ульяновская, Оренбургская, Саратовская, Волгоградская, Чеченская, Алтайский край, южнее 63 ⁰ с.ш. (бу-

	рятская, Читинская, Магаданская и др.)
3	Калининградская, Псковская, Тверская, Ивановская, Ленинградская, Костромская, Кировская, Ненецкий нац. округ и др.
4	Архангельская, Мурманская области
5	Калмыцкая, Ростовская, Ставропольский, Амурская, Приморский край

Приложение 1
Допустимая наименьшая освещенность рабочих поверхностей в
производственных помещениях (по СНиП 23-05-95)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Освещенность, лк			Сочетание нормируемых значений Р и Кп
					Характеристика фона	Комбинированное освещение	Общее освещение	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наивысшей точности	менее 0,15	I	a	малый	темный	5000	-	20 и 10
			б	малый	средний	4000*	1250	20 и 10
				средний	темный	3000	1000	10 и 10
			в	малый	светлый	2500*	750	20 и 10
средний	средний	2000		600	10 и 10			
Очень высокой точности	от 0,15 до 0,3	II	а	малый	темный	4000*	-	20 и 10
				средний	темный	3000*	750	20 и 10
			б	малый	светлый	2000*	500	20 и 10
				средний	средний	1000	300	10 и 10
в	малый	темный	4000*	-	20 и 10			
	средний	темный	3000*	750	20 и 10			
в	малый	светлый	2000*	500	20 и 10			
	средний	средний	1000	300	10 и 10			
в	малый	темный	4000*	-	20 и 10			
	средний	темный	3000*	750	20 и 10			
в	малый	светлый	2000*	500	20 и 10			
	средний	средний	1000	300	10 и 10			

			г	средний большой большой	светлый светлый средний	1000	300	20 и 10
Высокой точности	свыше 0,3 до 0,5	III	а	малый	темный	2000	500	40 и 15
			б	малый средний	средний темный	1500 1000	400 300	20 и 15 40 и 15
			в	малый средний большой	светлый средний темный	750 750 600	200 300 200	20 и 15 40 и 15 20 и 15
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	400	200	
Средней точности	свыше 0,5 до 1,0	IV	а	малый	темный	750	300	
			б	малый средний	средний темный	500	200	
			в	малый средний большой	светлый средний темный	400	200	
			г	средний большой большой	светлый светлый средний	300	150	
Малой точности	Свыше 1,0 до 5,0	V	а	малый	темный	750	300	
			б	малый средний	средний темный	500	200	

* - для зрительных работ с трехмерными объектами различия при проектировании местного освещения освещенность следует снижать на одну ступень шкалы.

Лабораторная работа 2

Звукоизоляция и звукопоглощения

Цель работы: ознакомить студентов с теорией производственных шумов, физической сущностью и инженерным расчетом звукоизоляции, с приборами, для измерения шума, нормативны-

ми требованиями к производственным шумам, провести измерения шума объекта, оценить эффективность мероприятий по снижению шума средствами звукоизоляции и звукопоглощающими облицовками.

2.1 Общие сведения

Звукоизолирующая способность преграды (коэффициент звукоизоляции) r равна отношению интенсивностей звука J_{11} в падающих на преграду волнах к интенсивности звука J_{21} в волнах, прошедших через преграду:

$$r = \frac{J_{11}}{J_{21}} = \frac{1}{\tau}. \quad (2.1)$$

Коэффициент прохождения τ связан с коэффициентом рассеяния δ и с коэффициентом отражения ε соотношением, выражающим закон сохранения энергии

$$\delta + \varepsilon + \tau = 1. \quad (2.2)$$

Звукоизоляция R , дБ – выражается разностью соответствующих значений уровней звука:

$$R = 10 \cdot \lg r = 10 \cdot \lg J_{11} - 10 \cdot \lg J_{21}. \quad (2.3)$$

Интенсивность звука в падающих на преграду и в прошедших за преграду определяется по формулам:

$$J_{11} = \frac{P_{11}^2}{\rho_1 \cdot C_1}, \quad (2.4)$$

$$J_{21} = \frac{P_{21}^2}{\rho_2 \cdot C_2}, \quad (2.5)$$

где P_{11} и P_{21} – звуковые давления; $\rho_{11}C_{11}$ и $\rho_{21}C_{21}$ – акустические сопротивления.

Обобщенное понятие звукоизоляции преграды выражается формулой:

$$R = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{1 - \varepsilon - \delta} \right), \quad (2.6)$$

которая свидетельствует о том, что физическая сущность звукоизоляции обусловлена как отражением потока звуковой энергии от преграды, так и поглощением звуковой энергии в этой преграде.

Многие практические задачи защиты от шума решаются применением строительно – акустических мер, в частности, увеличением звукоизоляции между помещениями. В зависимости от способа возбуждения колебаний в строительных конструкциях различают изоляцию воздушного и структурного звука, т.е. изоляция ударного звука перекрытием. Для помещения одинакового размера оценки звукоизоляции используют формулу:

$$R = 10 \cdot \lg \left(\frac{p_1}{p_2} \right), \quad (2.7)$$

где p_1 и p_2 – мощность звука соответственно, падающего на преграду и излучаемого обратной стороной преграды.

Для различных помещений используют формулу:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg \left(\frac{S}{A_2} \right), \quad (2.8)$$

где L_1 – уровень звукового давления в помещении с источников шума; L_2 – уровень звукового давления в звукоизолируемом помещении; S – площадь разделяющей помещение конструкции; A – эквивалентная площадь звукопоглощения в изолируемом помещении.

Требуемая величина звукоизоляции $R_{тр}$, дБ, ограждающей конструкции в активной полосе частот при проникновении шума из одного помещения в другое определяется по формуле:

$$R_{тр} = L_1 - 10 \cdot \lg V + 10 \cdot \lg S_i - L_{доп} + 10 \cdot \lg n, \quad (2.9)$$

где L_1 – октавный уровень звукового давления в помещении с источником шума, дБ; V – постоянная помещения, защищаемого от шума, m^3 ; S_i – площадь ограждающей конструкции, через которую проникает шум в защищаемое помещение; $L_{доп}$ – допустимый уровень звукового давления, дБ, в защищаемом помеще-

нии; n – общее количество ограждающих конструкций или их элементов, через которые проникает шум.

Способы снижения шума работающего оборудования или защита обслуживающего персонала от возникающего шума без каких – либо конструктивных изменений машины относятся к пассивным строительно – акустическим способам борьбы с шумом. Наиболее распространено применение звукоизолирующих кожухов, полностью или частично закрывающих машину. В низкочастотном диапазоне звукопоглощение может быть реализовано при помощи поглотителей резонансного или мембранного типа и кожухи облицованные внутренние поверхности звукопоглощающими материалами. Величина требуемой звукоизоляции стенок $R_{тр}$ может быть определена по формуле:

$$R_{тр} = D \cdot L_1 + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_n}{S_{доп}} \right), \quad (2.10)$$

где $D \cdot L_1$ – требуемая величина снижения звукового давления кожухом в расчетной точке с источником шума, дБ; S_k – площадь поверхности кожуха, m^2 ; $S_{доп}$ – площадь воображаемой поверхности, вплотную окружающей источник шума.

Величина снижения проникающих уровней определяются потерями на звукоизоляцию и могут достигнуть в зависимости от спроектированной конструкции ограждения значений:

$$D \cdot L_{кож} = R - 10 \cdot \lg \left(\frac{S_{кож}}{A_{кож}} \right), \quad (2.11)$$

где R – звукоизолирующая способность ограждающей конструкции кожуха, дБ; $S_{кож}$ – площадь поверхности кожуха, m^2 ; $A_{кож} = a_{кож} \cdot S_n$ – эквивалентная площадь звукопоглощения в пространстве под кожухом; $a_{кож}$ – средний коэффициент звукопоглощения в пространстве под кожухом; S_n – суммарная площадь поверхностей, находящихся под кожухом, включая поверхность кожуха.

Наличие отверстий, неплотностей в кожухе, в местах соприкосновения изолируемой машины с фундаментом, полом помещения, выступающие детали машин, при жестком опирании на корпус, пол или фундамент приводит к интенсивной передаче воздушного звука, которые требуют дополнительных операций по устранению возможностей проникновения шума в помещение этими путями, например, установки в местах выхода отверстий специальных глушителей шума или опирание кожуха на ограждающие конструкции через упругие прокладки.

Эффективность применения кожуха зависит от многих факторов и в первую очередь от правильного акустического расчета, который выполняется для всех восьми октавных полос нормируемого диапазона частот от 63 до 8000 Гц и включает следующие этапы:

- определение шумовой характеристики, т.е. уровней звуковой мощности в октавных полосах частот;
- выбор расчетных точек;
- определение допустимых в соответствии санитарными нормами уровней звукового давления в расчетных точках;
- определение требуемого снижения уровней звукового давления в каждой октавной полосе частот;
- определение требуемой звукоизоляции стенок кожуха и отдельных его элементов (смотровые окна, дверки, люки, вентиляционные отверстия);
- конструктивное решение кожуха с учетом возможного снижения его эффективности из-за неизбежного присутствия открытых проемов.

Уровень звукового давления в расчетной точке с учетом особенностей и акустических характеристик помещения вычисляется по формуле:

для соразмерных помещений:

$$L = L_p + 10 \cdot \lg \left(\Pi + \frac{4}{V} \right), \quad (2.12)$$

где Π – вклад прямого звука для дальнего поля; $\Pi_{\text{дал}} = \frac{\Phi}{\Omega \cdot r^2}$; Φ – фактор направленности источника; $\Omega = 4\pi$ – полный пространственный угол, в который излучается звук для ближнего поля; $\Pi_{\text{бли}} = \frac{\Phi}{S}$, S – площадь (м^2) воображаемой поверхности, окружающей источник, повторяющей его форму и проходящей через точку наблюдения.
 для несоразмерных помещений:

$$L = L_p + 10 \cdot \lg \left[\Pi + \frac{1-a}{M \cdot G} \cdot \frac{r+G}{r+M} \cdot J(a, \rho) \right], \quad (2.13)$$

где a – средний коэффициент звукопоглощения; M и G – высота и ширина помещения, м; $J(a, \rho)$ – дирекция, описывающая поля отраженного звука в несоразмерных помещениях.

Для расчетных точек выбранных на рабочем месте около изолируемой машины требуемое снижение уровней звукового давления может быть вычислено по формулам:

$$\Delta L_{\text{гр. кож}} = L_p - 10 \cdot \lg S - L_{\text{доп}} + 5, \quad (2.14)$$

$$\Delta L_{\text{гр. кож}} = L - L_{\text{доп}} + 5, \quad (2.15)$$

где L_p – уровень звуковой мощности шума, измеряемого машиной до установки на нее кожуха, дБ; $L_{\text{доп}}$ – допустимый по нормам уровень звукового давления, дБ; L – средний уровень звукового давления в октавных полосах частот, определенный на рабочем месте, дБ; S – площадь (м^2) воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей машину и проходящей через расчетную точку (если расстояние от геометрического центра источника шума r_0 до расчетной точки больше удвоенного размера источника шума, то величина S может быть принята $2\pi r_0^2$).

В акустике помещений этот множитель обозначают $(1-a)$ и используют в акустических расчетах средний коэффициент звукопоглощения a помещения

$$a = 1 - (1 - a_0) \cdot e^{-m_l}. \quad (2.18)$$

В практических расчетах коэффициент a нужно вычислять для октавных полос 60 – 1000 Гц по табл.1, для октавных полос 2000 – 8000 Гц вычисляется по формуле (2.1) ($a=a_0$).

Звукопоглощение облицовки, как правило, размещают на потоке помещения. Эффективность применения акустической облицовки в шумных помещениях зависит от акустических характеристик выбранных конструкции, способов и места их размещения, размеров помещения и места расположения расчетных точек.

Акустические характеристики помещений определяются расчетом и перед началом проектирования позволяют установить целесообразность акустической обработки помещений.

Акустическими характеристиками помещения являются: постоянная помещения B , m^2 ; эквивалентная площадь звукопоглощения A, m^2 ; средний коэффициент звукопоглощения a .

$$A = \frac{B \cdot S}{B + S} = \frac{B}{\frac{B}{S} + 1} \quad (2.19)$$

$$a = \frac{B}{B + S} \quad (2.20)$$

$$B = \frac{A}{1 - a} \quad (2.21)$$

Конструкции звукопоглощающих облицовок делятся на три группы:

- плоские, выполненные из материалов полной заводской готовности (плиты типа «Акмигран, ПА/С, ПА/О и др.), а также в виде съемных кассет из перфорированных (металлических, асбоцементных, гипсовых) покрытий со звукопо-

глощающими слоями ультратонкого стеклянного и базальтового волокон или минераловатных плит.

Оценку эффективности плоских звукопоглотителей принято проводить по формуле:

$$a_1 = \frac{[a_0(S_{\text{огр}} - S_{\text{обл}}) + \Delta A]}{S_{\text{огр}}}, \quad (2.22)$$

где a_0 – средний коэффициент звукопоглощения ограждающих поверхностей; $S_{\text{огр}}$ – общая площадь ограждающих конструкций помещения, м^2 ; $S_{\text{обл}}$ – площадь занятая облицовкой, м^2 ; ΔA – величина звукопоглощения облицовки, м^2 ; $a_{\text{обл}}$ – реверберационный коэффициент облицовки.

- объемные звукопоглощающие элементы, отличающимся повышенным на 50 – 70% коэффициентом звукопоглощения за счет дополнительного поглощения вследствие явления дифракции звуковых волн и за счет более развитой поверхности звукопоглощения. Они бывают однослойные и многослойные. Первый тип представляет собой конструкцию изготовленную из материалов жесткой, зернистой, ячеистой или волокнистой структуры. Многослойный элемент состоит из легкого каркаса, имеющего форму куба, призмы, пирамиды и т.п., звукопоглощающего заполнителя из рыхлых, сыпучих, волокнистых материалов и защитного покрытия из ткани или пленки и перфорированного листа.
- кулисного типа, объединенные определенным порядком размещения в пространстве помещения отдельных элементов образуют пространственную решетку.

Все применяемые звукопоглощающие материалы являются пористыми, за исключением систем, выполняемые из непроницаемых гибких материалов.

Содержание лабораторной работы

Стенд имеет вид макета производственных помещений, одно из которых имитирует производственный участок, а второе – конструкторское бюро.

Источник шума находится под «полом» левой камеры и защищен решеткой. В левой камере размещены макеты заводского оборудования. В правой камере размещены макеты конструкторского бюро и на подставке устанавливается микрофон из комплекта ВШВ-003. Обе камеры снабжены осветительными лампами. Тумблеры для включения лам находятся на передней стенке стенда.

Передняя стенка стенда имеет два смотровых окна. Внутри на передней и задней стенках имеются направляющие, при помощи которых устанавливается объемная звукоизолирующая перегородка, обеспечивающая изоляцию правой и левой камер друг от друга. Решетка громкоговорителя во время проведения лабораторной работы может быть закрыта звукоизолирующим кожухом. На крышке кожуха закреплена ось, на которую может навинчиваться груз для исключения щелей в местах контакта кожуха с решеткой громкоговорителя.

Для возбуждения громкоговорителя используется функциональный генератор типа ГФ-1, все измерения проводятся с помощью шумомера типа ВШВ-003.

Задание 1. Исследовать средства звукоизоляции

Ход работы:

Порядок выполнения лабораторной работы.

1. Подключить стенд к электросети с помощью тумблеров включить освещение внутри стенда.
2. Снять со стенда все средства звукоизоляции и звукопоглощения. Установить микрофон из комплекта ВШВ-0003 на подставке.
3. Подключить к стенду генератор сигналов ГФ-1. Установить такую амплитуду синусоидального сигнала, при которой уровень звукового давления на частоте 250 Гц, измеренный шумомером ВШВ-003, находился бы от 90 до 100 дБ.

4. С помощью шумомера ВШВ-003 измерить уровень звукового давления L_1 частотах октавных голос 63÷8000 Гц. Результаты занести в табл.2.1.
5. Установить звукоизолирующую перегородку и повторить измерения уровня звукового давления $L_{з.п.}$ на тех же частотах. Результаты измерений занести в табл.2.1

Таблица 2.1

Обозначения	Среднегеометрические частоты октавных голос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_1								
$L_{з.п.}$								

6. Составить отчет о лабораторной работе, в котором провести сравнение результатов замеров уровней звукового давления с допустимыми значениями $L_{доп.}$ по СН 3223-85 (табл. 2.2 приложение 2.1) путем построения графика.
7. Вычислить эффективность звукоизолирующей перегородки по формуле:

$$\Theta = \frac{(L_1 - L_{з.п.})}{L_1} \cdot 100\%$$

8. Построить график зависимости эффективности звукоизолирующей перегородки от частоты.

Приложение 2.4

Нормативные значения допустимых уровней шума на рабочих местах по СН 3223-85

Рабочее место	Среднегеометрические частоты октавных го- лос, Гц								Уровень звука L_A и $L_{AэКВ}$
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	

Лабораторная работа 3

Исследование вибрации

Цель работы: ознакомиться с приборами, исследовать параметры вибрации оборудования, изучить влияние массы, трения и упругости системы на интенсивность колебаний, дать оценку их вредности и оценить эффективность средств виброзащиты.

3.1. Общие сведения

Под вибрациями понимают механические колебания упругих тел, характеризующиеся периодичностью изменения параметров. Вибрации возникают при неправильной балансировке валов, шкивов в машинах, воздействии динамических нагрузок, ударного воздействия и т.д.

Воздействие вибрации на человека классифицируется по способу передачи вибрации на человека: общую и локальную, по направлению действия вибрации: для общей вибрации направления осей координат X_0 , Y_0 , Z_0 ; для локальной вибрации $X_л$, $Y_л$, $Z_л$, по временной характеристики вибрации: постоянная, для которой контролируемый параметр за время наблюдения изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ); непостоянная, для которой эти параметры изменяются более чем в 2 раза (на 6 дБ).

Показателями вибрационной нагрузки являются виброускорения (виброскорость), диапазон частот и время воздействия вибрации.

К нормируемым показателям вибрационной нагрузки согласно ГОСТ 12.1.012-90 относятся средние квадратические зна-

чения виброускорения или виброскорости, а также логарифмические уровни в децибелах.

Виброскорость V , $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ определяется по формуле:

$$V = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot A \quad (3.1)$$

где f – частота, Гц; A – амплитуда, м.

Логарифмические уровни виброскорости L_v , дБ, определяют по формуле:

$$L_v = 20 \cdot \lg \frac{V_{\text{cp}}}{5 \cdot 10^8} \quad (3.2)$$

где V_{cp} – среднее квадратичное значение виброскорости, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Логарифмические уровни виброускорения, V_a , дБ, определяют по формуле:

$$L_a = 20 \cdot \lg \frac{a_{\text{cp}}}{10^{-6}} \quad (3.3)$$

где a_{cp} – среднее квадратичное значение виброускорение, $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$.

Нормируемый диапазон частот для технологической вибрации, для вибрации на рабочих местах работников умственного труда устанавливаются в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами:

- для локальной вибрации – 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;

- для общей вибрации – 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 Гц.

К нормируемым показателям вибрационной нагрузки на операторе на рабочих местах относятся одночисловые параметры (корректированное по частоте значения контролируемого параметра, доза вибрации, эквивалентное корректированное значение контролируемого параметра) или спектр вибрации (приложения 1-4) вибрационной нагрузки на оператора (приложения 2и 3) установлены для категорий вибрации и соответствующих им критериям оценки по таблице 3.1.

Таблица 3.1

Категории вибрации по санитарным нормам и критерии оценки

Категории вибрации	Критерии оценки
1 – безопасность	Транспортная вибрация
2 – граница снижения производительности труда	Транспортно – технологическая вибрация (машины с ограниченной подвижностью, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок и т.д.)
3а – граница снижения производительности труда	Технологическая вибрация (стационарные машины и оборудования, не имеющие источников вибрации)
3в - комфорт	Вибрация на рабочих местах работников умственного труда и персонала, не занимающегося физическим трудом.

При превышении уровней общей или локальной вибрации на рабочих местах над допустимыми значениями по санитарным нормам у работников может возникнуть профессиональное заболевание. Первоначально у человека появляется боль в конечностях, чувство онемения, судороги в икроножных мышцах и впоследствии возникают тяжелые заболевания внутренних органов, сказывающихся на работоспособности, комфорте и других условиях трудовой и социальной жизни и оцениваемые гигиеническими, психофизическими, социальными критериями.

Для обеспечения вибрационной безопасности разработаны технические, организационные мероприятия и средства защиты.

Технические методы и средства борьбы с вибрацией направлены на изменения ее интенсивности, воздействующей на человека.

По организационному признаку методы виброзащиты подразделяются на коллективную и индивидуальную виброзащиту.

По отношению к источнику возбуждения вибрации методы коллективной защиты подразделяются на методы, снижающие

параметры вибрации: воздействием на источник возбуждения; на путях ее распространения от источника возбуждения.

По виду реализации методы, снижающие передачу вибрации предусматривают: использование дополнительных устройств, встраиваемых в конструкцию машин и в строительные конструкции (виброизоляция, динамическое виброгашение); изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций: использование демпфирующих покрытий; антифазную синхронизацию двух или нескольких источников возбуждения вибрации.

Для снижения вибрации в источнике возникновения уменьшают силу, вызывающую колебания: проводят статическую и динамическую балансировку роторов, заменяют кинематику возвратно-поступательного движения на вращательное, повышают прочность формы сопрягаемых деталей в редукторах и подшипниках, совершенствуют аэродинамические характеристики объектов и т.д.

К основным характеристикам колебательной системы относятся частота возмущающей силы ω , частота собственного колебания ω_0 , механический импеданс – комплексное сопротивление вибрирующей системы Z , зависящей от силы инерции, трения и упругости.

Механический импеданс при гармонических колебаниях в комплексной форме определяется как отношение силы \tilde{F} к скорости \tilde{y}

$$\dot{Z} = \frac{\tilde{F}}{\tilde{y}} = \left[S + j \cdot \left(m \cdot \omega - \frac{q}{\omega} \right) \right], \quad (3.4)$$

т.е состоит из трех импедансов:

- импеданса демпфирования (трения) $\dot{Z}_s = S$;
- импеданс массы $\dot{Z}_m = j \cdot \omega \cdot m$;

- импеданс упругости (жесткости) $\dot{Z}_q = -j \cdot \frac{q}{\omega}$,

где m – масса элемента, кг; q – упругости элементов, Н/м, в виде пружины; S – демпфирования – трения, Н·с/м, в виде поршня в цилиндре; $\tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{a}$ – переменные текущие значения смещения, скорости и ускорения.

Модуль механического импеданса определяется формулой:

$$Z = |\dot{Z}| = \sqrt{S^2 + \left(\omega \cdot m - \frac{q}{\omega}\right)^2}. \quad (3.5)$$

Зависимость элементов механического импеданса от частоты возмущающей силы ω представлена на рис.1.

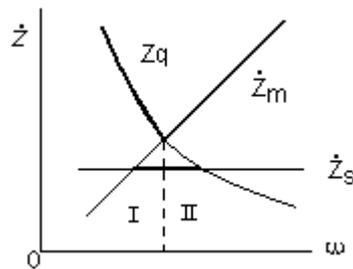


Рис.1

где I – дорезонансная область; II – зарезонансная область.

Явление резонанса характеризуется совпадением частоты возмущающей силы ω и собственной частоты вибрирующей системы ω_0 , в точке пересечения импеданса массы \dot{Z}_m и импеданса упругости \dot{Z}_q . При этом амплитуды вибросмещения A_x и виброскорости A_y достигают максимального значения.

Таким образом, собственная частота системы:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{q}{m}}. \quad (3.6)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{q}{m}}. \quad (3.7)$$

Анализируя поведения составляющих импеданса в зависимости от частоты возмущающей силы ω , можно выделить следующие пять методов снижения вибрации:

- вибродемпфирование (вибропоглощение);
- отстройка от резонанса;
- виброгашение;
- виброизоляция;
- динамическое виброгашение.

Из рис. 1 видно, что в резонансной области при $\omega = \omega_0$ импедансы \dot{Z}_m и \dot{Z}_q взаимоисключают друг друга, а поведение системы определяется импедансом демпфирования (трения) \dot{Z}_s .

Метод, основанный на увеличении внутреннего трения

- масляные демпферы, применение специальных материалов с высоким коэффициентом потерь η , называют вибродемпфированием. Коэффициент потерь энергии на частоте 1000 Гц для:
 - чугуна и стали равен 10^{-4} ;
 - губчатой резины $0,15 - 0,2$;
 - вибропоглощающей мастики $0,4 - 0,44$.

Эффективность вибродемпфирования в дБ определяется по формуле:

$$\Delta L_{\text{вд}} = 20 \lg \frac{B_2}{\eta_1}, \quad (3.8)$$

где B_1 и B_2 – коэффициент потерь системы соответственно до и после применения вибродемпфирования.

На низких частотах при $\omega < \omega_0$ колебания определяются импедансом упругости (жесткости). Конструктивные меры, связанные с включением в конструкцию ребер жесткости, шпангоутов, дополнительных опор, стальных оттяжек для матч и т.п. - назы-

вают отстройкой системы от резонанса. При увеличении жесткости q увеличивается собственная частота системы ω_0 и резонанса удается избежать.

На высоких частотах при $\omega > \omega_0$ колебательное движение определяется импедансом массы \dot{Z}_m . Таким образом высокочастотные вибрации можно устранить, применяя массивные корпуса машин, станины и фундаменты.

Вибрация наиболее распространена и заключается в ослаблении связи между источником вибрации и объектом виброзащиты путем размещения между ними виброизолирующего устройства (виброизолятора): пружины, рессора, резиновый, резино - металлический или пневматический элемент с упругостью q , на несколько порядков меньше упругости вибрирующей системы q .

Показатели эффективности виброизоляции является коэффициент передачи КП:

$$\text{КП} = \frac{F_n}{F_b}, \quad (3.9)$$

где F_n – амплитуда передаваемой динамической силы; F_b - амплитуда возмущающей силы.

Для оценки виброизоляции в дБ используют формулу:

$$\Delta L_{\text{ви}} = 20 \cdot \lg \frac{1}{\text{КП}}. \quad (3.10)$$

Способ динамического виброгашения основан на присоединении к защищаемому объекту массой m дополнительной массы m_1 с упругой связью q_1 . Если собственная частота $\omega_{01} = \sqrt{\frac{q_1}{m_1}}$ присоединенного устройства (виброгасителя) будет равна частоте вибрационного воздействия ω , то основной защищаемый объект m остается неподвижным, хотя именно к нему приложена переменная сила $\tilde{F}(\omega)$.

3.1. Описание лабораторного стенда

Стенд включает подставку, вибростенд, на столе которого устанавливается объект виброизоляции и сменный виброзащитный модуль, который представляет устройство, состоящее из двух параллельных пластин, между которыми установлены виброизоляторы или виброизолирующие прокладки. Объект виброизоляции представляет устройство, укрепленное на установочной пластине. К объекту виброизоляции крепится вибродатчик ДН-4 в одном из направлений измерения вибрации z, x или y.

На лабораторном столе размещены генератор низкочастотных сигналов и измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2.

Вибростенд имеет электромагнитную систему возбуждения вибраций, обеспечивает направление воздействия вибрации по координатным осям Z, X, Y. Вибростенд состоит из защитного разъемного кожуха, в котором установлен магнитопроводящий корпус. Постоянный магнит прикреплен по дну корпуса и входит в цилиндрическое отверстие вибростола. Вибростол закреплен с помощью листовых пружин на горизонтальной пластине, установленной на корпус. Катушка возбуждения намотана вокруг сердечника вибростола. Защитная резиновая прокладка закреплена на верхней части кожуха. Защитный кожух прикреплен с помощью шпилек прикреплен к основанию и имеет возможность вращения вокруг горизонтальной оси.

3.2.1. Исследование вибрации

Порядок проведения работы

Закрепить объект виброизоляции на вибростоле и вибродатчик ДН-4 на объекте виброизоляции вертикально в направлении оси z.

Предварительно выполнить калибровку измерителя вибрации, для чего гнездо 50 mV измерителя соединить кабелем 5ФС.664.368 с эквивалентным вибропреобразователем.

Подключить генератор к сети 220В. Соединить выходные гнезда генератора с нагрузкой, включить тумблер «сеть» и дать прогреться генератору в течении 10 мин. Генератор готов к работе.

В начале установить с помощью множителя диапазон «x1», далее ручкой плавного регулирования частоты установить значение октавной частоты возбуждения 2Гц, контролируя это значение на индикаторе частоты. Значение амплитуды вибрации (коэффициент усиления), устанавливаемой на генераторе задается преобразователем.

Произвести измерения виброускорения объекта виброизоляции в направлении z для общей или локальной вибрации во всем диапазоне частот, изменяя частоту вибрации с помощью множителя и ручкой плавного регулирования генератора. Результаты измерений занести в таблицу.

Переставить датчик ДН-4 в направлении x, для чего предварительно отсоединить кабель 5Ф 6.644.333 от датчика и произвести все необходимые измерения. Переставить датчик ДН-4 в направлении Y, для чего предварительно отсоединить кабель 5Ф 6.644.333 от датчика и произвести все необходимые измерения.

Закрепить вибродатчик ДН-4 на объекте виброизоляции вертикально в направлении оси Z и произвести измерения виброускорения объекта виброизоляции совместно с виброзащитным модулем в направлении Z для общей или локальной вибрации во всем диапазоне частот. Аналогично произвести измерения в направлении X и Y.

По результатам измерений оценить эффективность виброзащиты для каждой октавной полости частот:

$$\Xi = \frac{a - a_3}{a} \cdot 100\%, \quad (3.11)$$

где a , a_3 – среднее квадратические значение виброускорения до и после применения виброзащиты, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$.

Результаты расчетов занести в таблицу.

Порядок проведения измерений

На лицевую панель измерителя ВШВ-003-М2 выведены следующие органы управления, регулирования и индикации: переключатель РОД работы с положениями

«О» - для включения измерителя;

«—|—» - для контроля состояния батарей;

«Δ» - для включения измерителя в режим калибровки;

F, S, 10S – для включения измерителя в режим измерения с постоянной времени F (быстро), S (медленно), 10S – 10с;

показывающий прибор – для контроля напряжения питания и отчета измеряемой величины, причем при работе с вибропреобразователем ДН-4 результат необходимо умножить на 10;

переключатель ДЛТ1, dВ. ДЛТ2, dВ и единичные индикаторы 20,30,...130 dВ;

$3 \cdot 10^{-3}$, 0,01..... 10^3 m·S⁻²;

0,03; 0,1..... 10^4 mm·S⁻¹ предназначенные для выбора пределов измерений звукового давления, виброускорения и виброскорости соответственно;

индикатор ПРГ – для индикации перегрузки измерительного тракта;

кнопка а, V – для включения измерителя в режим измерения виброскорости;

переключатель ФЛТ, Hz – с положениями;

1; 10 для включения фильтра высоких частот ФВЧ 1; 10 Гц, ограничивающих частотный диапазон при измерении виброускорения, виброскорости;

ЛИН – для включения фильтра низких частот ФНЧ 20 Гц, ограничивающего частотный диапазон при измерении уровня звукового давления по характеристике ЛИН;

A, B, C – для включения корректирующих фильтров A, B, C;

ОКТ – для включения измерителя в режим частотного анализа в октавных полосах;

переключатель ФЛТ ОКТ с кнопкой кНz, Нz – для включения одного из четырнадцати октавных фильтров со средними геометрическими частотами 1 Гц...8 кГц;

кнопка 10 кНz; 4 кНz – для включения ФНЧ 10 кНz или 4 кНz, ограничивающих частотный диапазон при измерении виброускорения, виброскорости;

кнопка СВ, ДИФ – для измерений в режиме свободного или диффузионного поля;

гнезда: 50 mV – выход с калибровочного генератора;

???? – для подсоединения предусилителя ВПМ-101.

Подготовка измерителя к работе и порядок работы: подключить измеритель к сети 220В; установить измеритель в горизонтальное положение и механическим корректором нуля установить стрелку измерителя на отметку 0 шкалы 0...10; установить переключатель в положение: РОД работы — |—; ДЛТ1, dB-80; ДЛТ2, dB-50; зафиксировать показание измерителя, оно должно быть в пределах сектора, показанного на нижней шкале измерителя.

Для калибровки измерителя подсоединить эквивалент вибропреобразователя к предусилителю ВПМ-101, который подсоединить к гнезду «??????» измерителя.

Гнездо 50 mV измерителя соединить кабелем 5Ф 6.644.368 с эквивалентом вибропреобразователя. Переключатель измерителя Род РАБОТЫ установить в положении «Δ» и резистором «Δ» установить стрелку измерителя на отметку 5,2 шкалы 0...10. Выключить измеритель, для чего переключатель измерителя РОД РАБОТЫ установить в положении 0. Отсоединить кабель 5Ф 6.644.368 и к эквиваленту вибропреобразователя подсоединить датчик ДН-4 помощью кабеля 5Ф 6.644.333.

Для измерения виброускорения переключатели измерителя установить в положения ДЛТ1, dB-80; ДЛТ2, dB-50. Все кнопки отжаты, светится индикатор 130 dB. В зависимости от частотного диапазона измерения переключатель ФЛТ, и Нz, установить в

положение «1» или «10», нажать или отжать кнопку 10 кГц, 4 кГц: при измерении общей вибрации – «1» кнопка нажата; при измерении локальной вибрации – «10» кнопка нажата. Переключатель РОД РАБОТЫ установить в положении F, S или 10S, т.к. при измерениях низкочастотных составляющих могут возникнуть колебания стрелки измерителя. Тогда следует перевести переключатель РОД РАБОТЫ из положения F в положение S. Произвести измерения, изменяя при необходимости переключателя ДЛТ1, дВ и ДЛТ2, дВ. Если при измерении стрелка измерителя находится в начале шкалы, то следует вывести ее правее цифры «4» (верхняя шкала) или цифры «10» (средняя шкала) сначала переключателем ДЛТ1, дВ. Если периодически загорается индикатор ПРГЮ, то следует переключать переключатель ДЛТ, дВ на более урочий уровень (влево) пока не погаснет индикатор ПРГ, а затем использовать аналогично переключатель ДЛТ, дВ. Произвести отчет показаний измерителя в $m \cdot S^{-2}$. При работе с виброобразователем ДН-4 показания необходимо умножить на 10.

Для измерения виброускорений в октавных полосах частот переключатель ФЛК, Нз установить в положении ОКТ переключателем ФЛТ, ОКТ и кнопкой кНз, Нз включить необходимый октавный фильтр. При измерении общей вибрации (частоты 2; 4; 8; 31,5 и 63 Гц) и локальной вибрации (частоты 8; 16; 31,5; 125; 250; 500 и 1000 Гц) в диапазоне от 2 Гц до 500 Гц кнопкой кНз, Нз нажата, а начиная с 1000 Гц кнопкой кНз, Нз отжата. Повторить операции как при измерении виброускорения, произведя отчет показаний измерителя в $m \cdot S^{-2}$.

Для отчета о работе необходимо указать параметры измерения вибрации санитарно-гигиенические воздействия вибрации, методы и средства снижения вибрации. Данные измерений и расчетов вибрации переставить в виде таблицы. Оценить эффективность виброзащиты для выбранных виброзащитных модулей.

Методы вибрации

Порядок выполнения работы

Закрепить объект вибрации на вибростоле, вибродатчик ДН-4 на объекте виброизоляции вертикально в направлении оси z .

Предварительно выполнить калибровку измерителя вибрации, для чего гнездо 50 mV измерителя соединить кабелем 5Ф6.644.368 с эквивалентом вибропреобразователя. Переключатель измерителя РОД РАБОТЫ установить в положении «Δ». Резистором «Δ» установить стрелку измерителя на отметку 5,2 шкалы 0.....10, учитывающую действительное значение коэффициента преобразования вибропреобразователя. Выключить измеритель, для чего переключатель измерителя РОД РАБОТЫ установить в положении 0. Отсоединить кабель 5Ф6.644.368 и к эквиваленту вибропреобразователя подсоединить датчик ДН-4 с помощью кабеля 5Ф6.644.333.

Подключит генератор к сети 220В. Соединить выходные гнезда генератора с нагрузкой, включить тумблер «сеть» и дать прогреться генератору в течении 10 мин. Генератор готов к работе.

В начале установить с помощью множителя диапазон «X1», далее ручкой плавного регулирования частоты установить значение октавной частоты возбуждения 2Гц, контролируя это значение на индикаторе частоты. Значение амплитуды вибрации (коэффициента усиления), устанавливаемой на генераторе, задается преподавателем.

Произвести измерения виброускорения объекта виброизоляции в направлении z во всем диапазоне частот, изменяя частоту вибрации с помощью множителя и ручкой плавного регулирования генератора. Результаты измерения занести в таблицу отчета.

Выключить генератор. Снять объект виброизоляции с вибростола, присоединить к нему виброзащитный модуль и в сборе установить на вибростол вибростенда. Включить генератор.

Провести измерения виброускорения объекта виброизоляции совместно с виброзащитным модулем в направлении z во всем диапазоне частот, изменяя частоту вибрации с помощью множителя и ручкой плавного регулирования генератора.

После выполнения лабораторной работы отключить генератор и измеритель.

По результатам измерений оценить эффективность виброзащиты для каждой октавной полосы частот.

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \frac{a}{a_3}, \text{ дБ}$$

где a , a_3 – среднее квадратическое значение виброускорения до и после применения виброзащиты, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$.

Результаты расчетов занести в таблицу отчета и построить спектр эффективности в координатах $\Delta L, f$.

Таблица 3.2

Описание исследуемого модуля виброзащиты	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц										
	Показатели вибрации	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
	a										
	a ₃										
	ΔL										
	a										
	a ₃										
	ΔL										

Приложение 3.1

Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной
нагрузки на оператора.

Общая вибрация, категория 3, типа «а»

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Нормативные значения в направлениях X_0, Y_0							
	виброускорения				виброскорости			
	м·с ⁻²		дБ		м·с10 ⁻²		дБ	
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.
1,6	0,09		99		0,9		105	
2,0	0,08	0,14	98	103	0,64	1,3	102	108
2,5	0,071		97		0,46		99	
3,15	0,063		96		0,32		96	
4,0	0,056	0,1	95	100	0,23	0,45	93	99
5,0	0,056		95		0,18		91	
6,3	0,056		95		0,14		89	
8,0	0,056	0,11	95	101	0,12	0,22	87	93
10,0	0,071		97		0,12		87	
12,5	0,09		99		0,12		87	
16,0	0,112	0,20	101	106	0,12	0,20	87	92
20,0	0,140		103		0,12		87	
25,0	0,18		105		0,12		87	
31,5	0,22	0,40	107	112	0,12	0,20	87	92
40,0	0,285		109		0,12		87	
50,0	0,355		111		0,12		87	
63,0	0,445	0,80	113	118	0,12	0,20	87	92
80,0	0,56		115		0,12		87	

Приложение 3.2

Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной
нагрузки на оператора.

Общая вибрация, категория 3, типа «в»

Сред- негео- метри- ческие частоты по- лос, Гц	Нормативные значения в направлениях X_0, Y_0							
	виброускорения				виброскорости			
	м·с ⁻²		дБ		м·с10 ⁻²		дБ	
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.
1,6	0,015		82		0,13		88	
2,0	0,012	0,02	81	86	0,09	0,18	85	91
2,5	0,01		80		0,063		82	
3,15	0,009		79		0,045		79	
4,0	0,008	0,014	78	83	0,032	0,063	76	82
5,0	0,008		78		0,025		74	
6,3	0,008		78		0,02		72	
8,0	0,008	0,014	78	83	0,016	0,032	70	75
10,0	0,01		80		0,016		70	
12,5	0,015		82		0,016		70	
16,0	0,016	0,028	84	89	0,016	0,028	70	75
20,0	0,02		86		0,016		70	
25,0	0,025		88		0,016		70	
31,5	0,32	0,056	90	95	0,016	0,028	70	75
40,0	0,04		92		0,016		70	
50,0	0,05		94		0,016		70	
63,0	0,063	0,112	96	101	0,016	0,028	70	75
80,0	0,08		98		0,16		70	

Приложение 3.3

Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной
нагрузки на оператора
Локальная вибрация

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Нормативные значения в направлениях			
	виброускорения		виброскорости	
	м·с ⁻²	дБ	м·с ⁻¹ ·10 ⁻²	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,7	129	1,4	109
63	5,4	135	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	147	1,4	109
500	42,5	153	1,4	109
1000	85,0	159	1,4	109

Приложение 3.4

Санитарные нормы одночисловых показателей вибрационной
нагрузки на оператора при длительности смены 8 ч.

Вид вибрации	Категория вибрации по санитарным нормам	Направление действия	Нормативные, скорректированные по частоте и эквивалентные скорректированные значения			
			виброускорения		виброскорости	
			м·с ⁻²	дБ	м·с ⁻²	дБ
Локальная Общая	-	X _л , Y _л , Z _л	2,0	126	2,0	112
	1	Z ₀	0,56	115	1,1	107
		Y ₀ , X ₀ , Z ₀	0,4	112	3,2	116
	2	Y ₀ , X ₀ , Z ₀	0,28	109	0,56	101
	3 тип «а»	Y ₀ , X ₀ , Z ₀	0,1	100	0,2	92
	3 тип «в»	Y ₀ , X ₀	0,014	83	0,028	75

Приложение 3.5

Весовые коэффициенты коррекции для общей вибрации

Средне-геометрические частоты, Гц	Для виброускорения				Для виброскорости			
	Z ₀		X ₀ , Y ₀		Z ₀		X ₀ , Y ₀	
	K _i	L _{ki}	K _i	L _{ki}	K _i	L _{ki}	K _i	L _{ki}
2	0,71	-3	1,0	0	0,16	-16	0,9	-1
4	1,0	0	0,5	-6	0,45	-7	1,0	0
8	1,0	0	0,25	-12	0,9	-1	1,0	0
16	0,5	-6	0,125	-18	1,0	0	1,0	0
31,5	0,25	-12	0,063	-24	1,0	0	1,0	0
63,0	0,125	-18	0,0315	-30	1,0	0	1,0	0

Приложение 3.6

Весовые коэффициенты коррекции для локальной вибрации

Среднегеометрическая частота октавной частоты, Гц	Для виброускорения		Для виброскорости	
	K _i	L _{ki}	K _i	L _{ki}
8,0	1,0	0	0,5	-6
16	1,0	0	1,0	0
31,5	0,5	-6	1,0	0
63	0,25	-12	1,0	0
125	0,125	-18	1,0	0
250	0,063	-24	1,0	0
500	0,0315	-30	1,0	0
1000	0,016	-36	1,0	0

Библиографический список

1. Денисенко Г.Ф. Охрана труда. –М.: Высшая школа, 1985. -319 с.
2. Фильев В.И. Регулирование условий труда на предприятиях РФ. –М.: Интел-Синтез, 1996. -131 с.
3. Кунин П.П., Лапин В.Л., Подгорных Е.А. и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. –М.: Высшая школа, 1999. –
4. СНИП 23.05-95 «Искусственное и естественное освещение». –М.: Изд. стандартов. 1996.
5. СН 3223-85. Шум. Общие требования. –М.: Изд. стандартов. 1986.
6. ГОСТ 12.1.012-90. «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». –М.: Изд. стандартов. 1990.
7. ГОСТ 12.4.046-78. «ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация». –М.: Изд. стандартов. 1978.
8. Измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2. Паспорт 5Ф 2.745.027 ПС.
9. Методические рекомендации по проектированию звукоизоляции машин. –Л.: ВНИИ охраны труда ВЦСПС, 1982. -58 с.
10. Юдин Е.Я., Хюбкер Г. и др. Снижение шума в зданиях и жилых районах (Под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я.Юдина.) –М.: Стройиздат, 1987. -558 с.