**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт горного дела и строительства

Кафедра «Охрана труда и окружающей среды»

|  |  |
| --- | --- |
| Утверждено на заседании кафедры  «Охрана труда и окружающей среды»  « 24 » 01 2023 г., протокол № 6\_ |  |
| Заведующий кафедрой    В.М. Панарин |  |

##### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

**ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**«БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

**основной профессиональной образовательной программы**

**высшего** **образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки

**10.03.01 Информационная безопасность**

с направленностью (профилем)

**10.03.01\_3 Организация и технологии защиты информации**

**(по отрасли или в сфере профессиональной деятельности)**

Форма обучения: очно-заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 100301-03-23

Тула 2023 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

**рабочей программы дисциплины (модуля)**



**Разработчик:**

Кашинцева Л.В., доцент, канд.техн.наук, доцент

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание*)*

**Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины являются формирование профессиональной гигиенической культуры, под которой понимается готовность и способность личности использовать в профес­сиональной деятельности приобретенную совокупность знаний, умений и навыков для обес­печения санитарной безопасности в сфере профессиональной деятельности, характера мышления и ценностных ориентаций, при которых вопросы санитарной безопасности и гигиены труда рассматриваются в качестве приоритета.

Задачами освоения дисциплины являются:

- приобретение понимания проблем устойчивого развития и вредностей, связанных с профессиональной дея­тельностью человека;

- овладение приемами рационализации производственных процессов за счет производственной санитарии, ориентированными на снижения вредного воздействия на производственную среду и обеспечение безопас­ности человека;

- формирование культуры производственной санитарии, гигиенического сознания и рискориентированного мышле­ния, при котором вопросы производственной безопасности и сохранения здоровья человека рассматрива­ются в качестве важнейших приоритетов деятельности человека;

- развитие способностей для идентифицикации вредностей и оценивания рисков в сфере своей профессиональной деятельности;

- приобретение готовности применения профессиональных знаний для улучшения условий труда в сфере своей профессиональной деятельности;

- приобретение мотивации для самостоятельного повышения уровня санитарной культуры и гигиены.

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| |  |  | | --- | --- | | **СОДЕРЖАНИЕ** | | | Практическая работа № 1  Определение валовых выбросов вредных веществ в атмосферу | 4 | | Практическая работа № 2  Основы нормирования выбросов промышленными предприятиями | 13 | | Практическая работа № 3  Основы нормирования параметров сброса промышленных  предприятий | 26 | | Практическая работа № 4  Защита от электромагнитных полей | 37 | | Практическая работа № 5  Акустическая оценка уровней городского транспортного шума | 50 | | Практическая работа № 6  Оценка уровней шума в помещениях. Расчет средств защиты от шума | 60 | | Практическая работа № 7  Акустические расчеты в вентиляционных системах | 72 | | Практическая работа № 8  Расчет искусственного освещения | 81 | | Практическая работа № 9  Виброизоляция рабочих мест | 89 | | Практическая работа № 10  Защита от электромагнитных полей | 95 | | Практическая работа № 11  Определение доз облучения от гамма-излучающих радионуклидов. | 98 | | Практическая работа № 12  Определение показателей пожарной опасности горючих веществ | 103 | |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

ПРАКТИЧЕСКАя работа № 1

Определение валовых выбросов вредных веществ в атмосферу

*Цель работы*: освоить методику измерения параметров пылегазовоздушного потока вентиляционных систем.

1. Основные теоретические сведения

Для определения выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников промышленных предприятий необходимым является измерение параметров пылегазовоздушной струи (температуры пылегазовоздушного потока, давление газа в вентиляционном канале, скорости перемещения, объемного расхода, концентрации вредных веществ в пылегазовоздушном потоке).

Метод определения скорости и объемного расхода газопылевых потоков в газоходах и вентиляционных системах ,(ГОСТ 17.2.4.06-90), со скоростью не менее 4 м/с заключается в измерении с помощью микроманометров и пневмометрических трубок динамического напора газа Рд в виде разницы между полным и статическим напорами. Расчет скорости газовоздушного потока ведется по формуле:

,

где - скорость движения газовоздушного потока в воздуховоде, м/с;

Рд - динамический напор в точке замера, Па;

ρ - плотность газовоздушного потока при рабочих условиях, кг/м3.

Измерительное сечение выбирается на прямом участке воздуховода с учетом расположения местных сопротивлений (повороты, отводы, задвижки, дросселирующие устройства). Минимальная длина прямого участка, на котором выбирается измерительное сечение, должна составлять не менее 4-5 эквивалентных диаметров (Де). В стенках газохода проделывают отверстия во взаимно перпендикулярных осях диаметром, достаточным для введения внутрь газохода пневмометрических трубок.

В случаях, когда устье газохода, выбрасывающего вредные вещества, доступно и удобно для обследования, возможно определение скорости движения газа при помощи чашечного, (при скоростях более 5 м/с), или крыльчатого , (при скоростях от 0,1 до 5 м/с), анемометров или иных приборов, обеспечивающих аналогичные метрологические характеристики.

Измерение температуры газов производится одновременно с замерами давления с помощью термометров.

Определение запыленности газовых потоков в газоходах производится, как правило, методом внешней фильтрации, т.е. осаждением твердых частиц из отобранной пробы газа происходит вне газохода.

Метод внутренней фильтрации применяется при определении запыленности газов с высоким содержанием влаги (температура точки росы более 200оС).

Запыленность газа определяется весовым способом по изменению массы аэрозольных фильтров после фильтрации. Выбор места отбора проб пыли производится аналогично измерению скорости.

Для определения выбросов пыли в атмосферу необходимо производить отбор проб методом внешней фильтрации, при которой пылеулавливающее устройство (аллонж или фильтр) располагается вне воздуховода, а исследуемый воздух подводится к аллонжу пылеотборной трубкой, вставленной в воздуховод носиком против потока воздуха.

Для получения достоверных результатов при отборе проб необ­ходимо тщательно соблюдать условие изокиничности, т.е. скорости движения пылегазовой смеси в газоходе и в устье пробоотборного устройства должны быть одинаковыми.

В противном случае при скоростях отбора пробы выше скорости в газоходе значение концентраций будет занижено, а при меньших - завышено. Расположение входного отверстия пробоотборника должно быть строго перпендикулярно направлению движения газового потока. Отбор проб осуществляется через пробоотворные трубки, снабженные специальными наконечниками, необходимый диаметр которого рассчитывается по зависимости:



Расход просасываемого воздуха, необходимого для соблюдения равенства скоростей воздуха во входном отверстии трубки и в газоходе рассчитывается по зависимости

, м3/с.

Концентрацию пыли в газовом потоке определяют по формуле:

, мг/м3

где m2, m1 - масса загрязненного и чистого фильтра соответственно, мг;

Vo - объемный расход газа при нормальных условиях, м3/с;

t - время отбора пробы, мин.

Определение концентраций вредных газовых примесей, поступающих в атмосферу, производится лабораторными методами или экспресс-анализом. Отбор проб ведется путем аспирации определенного объема удаляемого воздуха через поглотительный прибор, заполненный жидким или твердым сорбентом для улавливания вещества. Определяемая примесь из большого объема концентрируется в меньшем объеме сорбента или на фильтре.

Параметры отбора проб - расход воздуха, продолжительность его аспирации через поглотительный прибор, вид сорбента и его количество - устанавливаются в зависимости от определяемого вещества по существующим методикам.

Для расчета валовых выбросов необходимы следующие исходные данные:

1. Площадь поперечного сечения газохода, т.е. для прямоугольного сечения - параметры А и В, для круглого газохода - диаметр D. В случае прямоугольного газохода определяется эквивалентный диаметр

,м

где А и В - внутренние размеры газохода, м.

2. Параметры газовоздушной смеси на выходе источника выброса:

 - скорость, м/с;

tгаза- температура, oC.

3. Перечень установленных вредных веществ.

4. Концентрация вредных веществ в газовоздушной смеси:

Сср - средняя, мг/м3;

Сmax- максимальная, мг/м3.

5. τ -фонд рабочего времени, час/год.

Валовые выбросы можно определить по зависимости:

G = Cср\*V20\*3.6\*10-6\*τ ,т/год,

где V20 - расход газовоздушной смеси при нормальных условиях (Т =20о).

 , м3/c .

Для последующего нормирования выбросов по максимальной концентрации вредного вещества Сmax в газовоздушной смеси рассчитывается мощность выброса

М = Сmax\*V20\*10-3, г/с.

Определение величины валовых выбросов необходимо для установления ущерба, нанесенного вредными веществами окружающей среде, и, в конечном итоге, компенсации этого ущерба, т.е. внесения платы за выброс.

П = G\*H\*Kинф\*Кэк, руб.,

где Н - стоимость 1т выброса , руб. (прил. 1);

Кинф = 125 - инфляционный коэффициент.

Кэк - коэффициент, учитывающий напряженность экологической обстановки в данной местности. Для Тульской области Кэк = 1,9.

Если рассчитываются валовые выбросы по нескольким вредным веществам, то итогом работы будет являться суммарная плата за выбросы.

Результаты расчетов валовых выбросов сводятся в таблицу.

Таблица

Характеристика источников выбросов вредных загрязняющих веществ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер источ-ника выбро-сов. | Высота источ-ника выбро-сов,  м | Диаметр или размер сечения устья источника,  м | Параметры газовоздушной смеси на выходе из источника выбросов | | | Наимено-вание вредного вещества | Количество вредных веществ выбрасываемых в атмосферу | |
| Ско-рость, м/с | Объем, м3/сек | Температура 0С | Макси-мальное,  г/с | Суммар-ное,  т/г |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

#### ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ

1. Изучить методы и средства измерения параметров пылегазовоздушных потоков, выбрасываемых в атмосферу от различных производств.

2. Рассчитать валовые выбросы вредного вещества в атмосферу.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. На основе варианта задания выполнить расчет валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и заполнить таблицу.

ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

Отчет должен содержать: название работы, цель, результаты расчетов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятия: источник вредных выделений, источник вредных выбросов, организованный и неорганизованный источник выбросов.

2. Параметры газовоздушной струи, необходимые для определения валовых выбросов.

3. Определение необходимого количества измерительных точек.

4. Понятие об условии изокинетичности.

5.Задачи проведения инвентаризации источников выбросов, загрязняющих веществ.

6. Регулярность проведения инвентаризации источников выбросов.

ПРАКТИЧЕСКАЯ работа № 2

ОСНОВЫ НОРМИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Цель работы*: научиться определять концентрацию вредных газовых компонентов и запыленности воздуха рабочих помещений и оценивать их соответствие санитарным нормам.

Основные теоретические сведения

1. Предельно допустимые выбросы

Установление нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) для защиты атмосферы в настоящее время производится для всех предприятий и источников, от которых возможно выделение вредных веществ в атмосферу.

Для охраны атмосферного воздуха на каждом предприятии устанавливается санитарно-защитная зона (СЗЗ). Ширина СЗЗ регламентируется санитарными нормами в зависимости от вида и мощности предприятия /1/. Граница СЗЗ по условиям охраны атмосферы отсчитывается от крайних источников выбросов вредных веществ на предприятии.

Нормативы ПДВ загрязняющих веществ в атмосферу определяются на уровне, при котором создаваемые выбросами предприятия приземные концентрации загрязняющих веществ за пределами СЗЗ не превышают нормативов ПДК с учетом установленных для данной местности фоновых концентраций. Другими словами, предельно допустимые выбросы должны обеспечить за пределами СЗЗ предприятия выполнение условия:

Срасч.+Сф. ≤ ПДК, (1.1)

где: Срасч.  - максимально возможное значение приземной концентрации вредного вещества, создаваемой выбросами данного предприятия за пределами его СЗЗ;

Сф. - фоновая концентрация загрязняющего вещества, создаваемая естественными процессами в природе, а также выбросами других предприятий.

Кроме того, при совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих эффектом суммации вредного воздействия, нормативы ПДВ этих веществ должны обеспечить выполнение условия:

 (1.2)

где: С1,…,Сn - создаваемые выбросами предприятия приземные концентрации веществ, обладающих эффектом суммации;

ПДК1,..,ПДКn- предельно допустимые концентрации этих веществ в атмосферном воздухе.

Очевидно, что приземные концентрации загрязняющих веществ в каждой конкретной точке местности постоянно изменяются под воздействием метеорологических факторов- направления и скорости ветра, температуры, наличия инверсий и т.д. Для оценки степени загрязнения атмосферы, в первую очередь, необходимо знать максимально возможную приземную концентрацию, возникающую при каком-то определенном сочетании метеофакторов. Метеоусловия, при которых в данной точке достигается максимум приземной концентрации, называются опасными. Оценка загрязнения атмосферного воздуха для разработки нормативов ПДВ производится именно для случая опасных метеоусловий.

Решение задачи оценки загрязнения атмосферы и нормирования выбросов промышленного предприятия можно разделить на три этапа:

1. Расчет максимальных приземных концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием, на границе СЗЗ и за её пределами.

2) Проверка выполнения для всех выбрасываемых веществ условий 1.1 и 1.2.

3) Установление нормативов предельно допустимых выбросов, обеспечивающих выполнение условий 1.1 и 1.2.

2. Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночного источника

Перенос газообразной примеси в атмосфере производится путем увеличения её воздушным потоком, при этом происходит перемещение примеси с чистым воздухом и, в результате, в приземном слое атмосферы формируется поле концентраций загрязняющего вещества, схема которого приведена на рисунке 1. Газовые выбросы на определенном расстоянии от трубы достигают земной поверхности, затем приземная концентрация сравнительно быстро растет до максимальной величины, а потом по мере удаления от трубы медленно убывает. При различных скоростях ветра максимум кривой и расстояние, на котором он достигается принимают различные значения, не изменяя общего вида зависимости (рис.2). Очевидно, что существует такая скорость ветра Uм, при которой кривая зависимости С(х) имеет наибольший максимум См, такая скорость ветра называется опасной.

* 1. *Расчет См, Uм.*

Механизм переноса и диффузии примеси в атмосфере определяется большим числом факторов: степенью нагретости выбрасываемой газовоздушной смеси, высотой источника выбросов, скоростью выхода смеси из устья источника, скорость ветра, температурой наружного воздуха и т.д. Многообразие сочетаний различных условий предопределило многообразие сочетаний различных условий предопределило многообразие расчетных формул для определения приземных концентраций и опасных скоростей ветра. Критериями выбора той или иной расчетной формулы являются параметры ƒ, Uм,Uм', ƒ е, определяемые из следующих соотношений:

 (2.1)

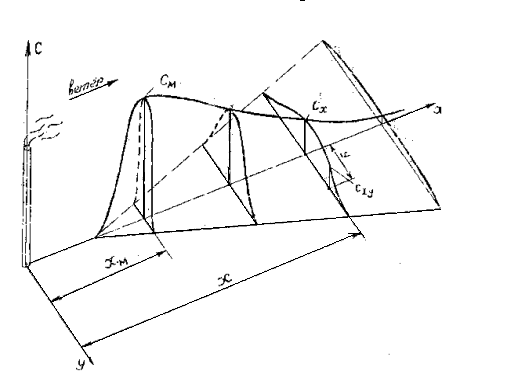


Рис.1. Аксонометрическая схема поля приземных концентраций, создаваемого источником выбросов загрязняющего вещества

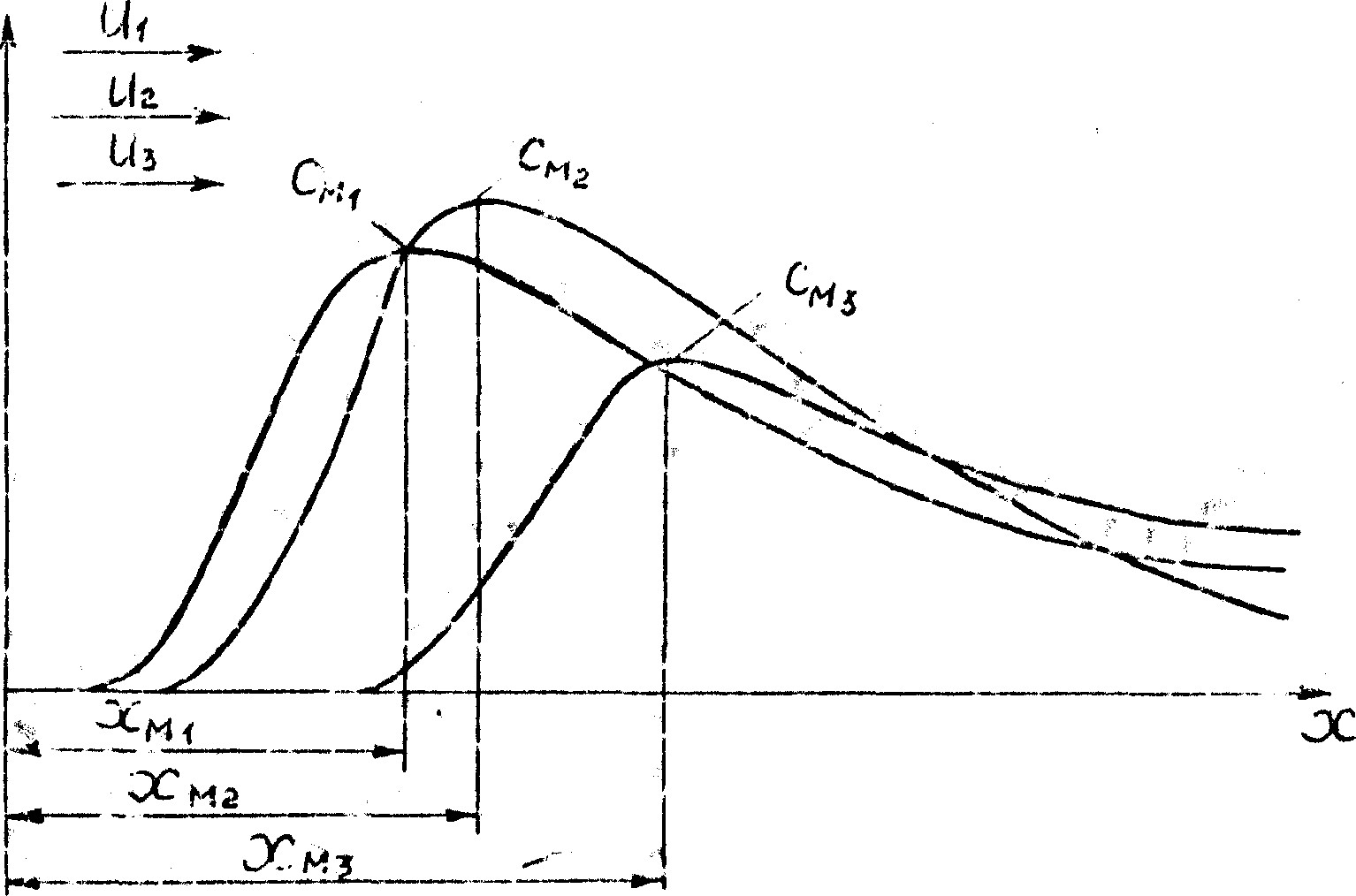


Рис. 2. Зависимости приземной концентрации С на оси факела выброса от

расстояния до источника Х при различных скоростях ветра

 (2.2)

 (2.3)

 (2.4)

где ω0 - средняя скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, м/с.

H - высота источника выброса, м

D - диаметр устья источника выброса, м.

ΔТ - разность между температурой выбрасываемой газовоздушной смеси Тг и температурой окружающего температурного воздуха Тв. Тг принимается по результатам измерений или действующим для данного производства технологическим нормативам. Тв принимается равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года по СНиП 2.01.82.

V1  - расход газовоздушной смеси, определяемый по формуле:

, м3/с. (2.5)

*Максимальное значение приземной концентрации* вредного вещества См при выбросе газовоздушной смеси из одиночного точечного источника при неблагоприятных метеорологических условиях определяется по формулам:

а) при ƒ< 100 и υΜ ≥ 0,5

; (2.6)

б) при ƒ ≥ 100 и υΜ′ ≥ 0,5

; (2.7)

в) при ƒ < 100 и υΜ < 0,5 или ƒ ≥ 100 и υ′Μ < 0,5

; (2.8)

где: А – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы. Значения коэффициента А, соответствующие неблагоприятным метеоусловиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимаются в соответствии с (2) в зависимости от региона расположения предприятия. Для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской и Ивановской областей А=140.

М – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени (мощность выброса), г/с.

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе. Для газообразных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю, F = 1. Для других аэрозолей F принимается в зависимости от эксплуатационной степени очистки:

при Э ≥ 90 % F= 2;

при 75 % ≤ Э< 90 % F = 2,5;

при Э< 75 % F = 3.

Примечание.

При отсутствии газоочистки Э=0, следовательно F=3.

η - безразмерный коэффициент рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающем 50 м на 1 км, η =1.

m и n – коэффициенты, учитывающие условия влияния выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, рассчитываются в зависимости от величин параметров ƒ, υм, υм’, ƒе по формулам:

а) при ƒ<100 и ƒе>ƒ

 (2.9)

n = 1 при υм ≥ 2; (2.10)

n = 0,532⋅υм2 – 2,13⋅υм + 3,13 при 0,5≤ υм< 2; (2.11)

n = 4,4 ⋅υм при υм < 0,5. (2.12)

б) при ƒ≥100

 (2.13)

n определяется по формулам 2.10-2.12, в которые вместо υм подставляется υм ′ .

в) при ƒе <ƒ< 100 в формулу 2.9 вместо ƒ подставляется ƒе. Формулы для вычисления n : 2.10-2.12

Значение коэффициента К из зависимости 2.7 определяется по формуле:

К = D/8V1  (2.14)

Коэффициент m′ из зависимости 2.8 определяется по формулам:

m = 2,86⋅ m при ƒ < 100 и υм< 0,5; (2.15)

m′ = 0,9 при ƒ≥100 и υм′< 0,5. (2.16)

*Расстояние от источника выброса*  Хм, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения См, определяется по формуле:

, (2.17)

где безразмерный коэффициент d находится по формулам:

а) при ƒ<100

 при υм≤ 0,5; (2.18)

 при 0,5 < υм ≤ 2; (2.19)

 при υм > 2. (2.20)

б) при ƒ ≥ 100

 при υм′ ≤ 0,5; (2.21)

 при 0,5 < υ′м ≤ 2; (2.22)

 при υ′м > 2 (2.23)

*Значение опасной скорости ветра Uм ,*при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации См, определяется по формулам:

а) при ƒ< 100

Uм = 0,5 при υм ≤ 0,5; (2.24)

Uм = υм при 0,5 < υм ≤ 2; (2.25)

Uм = υм ⋅(1+0,12⋅√ƒ) при υм > 2; (2.26)

б) при ƒ ≥ 100

Uм = 0,5 при υ′м ≤ 0,5 (2.27)

Uм = υ′м при 0,5< υм′ ≤ 2; (2.28)

Uм = 2,2⋅υ′м при υ′м> 2. (2.29)

* 1. *Расчет приземных концентраций на границе СЗЗ.*

Пусть расстояние от источников выбросов до границы СЗЗ составляет Χ метров. Максимально возможная концентрация Смx, создаваемая выбросами рассматриваемого источника на расстоянии Χ достигается при определенной скорости ветра Uмx, в общем случае отличной от уже ранее рассмотренной опасной скорости Uм . Uмx рассчитывается по формуле:

Uмx = ƒ1 ⋅ Uм , (2.30)

где ƒ1 -безразмерный коэффициент, равный:

ƒ1 = 1 при R / Xм ≤ 1; (2.31)

 (2.32)

ƒ1 = 0,25 при 8 < Χ / Χм ≤ 80; (2.33)

ƒ1  = 1 при Χ / Χм ≥ 80. (2.34)

При проведении расчетов не используются значения скорости ветра U<0,5 м/с, а также U > U\*,U\*- значение скорости ветра, превышаемое в данной местности в среднем многолетнем режиме в 5% случаев. Если рассчитанная по формуле 2.30 скорость ветра Uмx < 0,5 м/с или Uмx > U\*, то Cмx рассчитывается для скоростей ветра 0,5 м/с, Uм,U\* и в качестве Uмx выбирается та из этих скоростей, при которой Смx принимает наибольшее значение.

Расчет максимально возможной концентрации на расстоянии X от источника производится по одному из двух ниже приведенных алгоритмов:

1. Uмx = Uм , то есть ƒ1 = 1

Смx = S1 ⋅ Cм , (2.35)

где: S1 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения Χ / Χм и коэффициента оседания F:

S1 = 3⋅(Χ/Χм)4- 8⋅(Χ/Χм)3 + 6⋅(Χ/Χм)2 при Χ / Χ ≤ 1; (2.36)

S1 = 1,13/( 0,13⋅(Χ⁄ΧΜ)2+1) при 1<Χ⁄ΧΜ≤8 (2.37)

S1 = Χ⁄ΧΜ /(3,58⋅(Χ⁄ΧΜ)2−35,2⋅(Χ⁄ΧΜ) + 120) при F≤1,5 и Χ⁄ΧΜ>8 (2.38)

S1 = 1/(0,1⋅(Χ⁄ΧΜ)2+2,47⋅(Χ⁄ΧΜ) - 17,8), при F>1,5 и Χ⁄ΧΜ>8 (2.39)

Для низких и наземных источников выброса ( Н≤10 м) при значениях Χ⁄Χ≤1 величина в формуле 2.35 заменяется на величину S1H , вычисляемую по формуле:

S1Η= 0,125⋅(10-H) + 0,125⋅(H-2)⋅S1 (2.40)

1. Uмх ≠ Uм, то есть ƒ1≠1

Смх= S1′⋅Cм, (2.41)

где S1′− безразмерный коэффициент, рассчитываемый по формулам:

формула 2.36 при Χ⁄Χм≤1

S1 = 1,1/( 0,1⋅(Χ⁄ΧΜ)2+1) при 1<Χ⁄ΧΜ≤8 (2.42)

S1 = 2,55/( 0,13⋅(Χ⁄ΧΜ)2+9) при 8<Χ⁄ΧΜ≤24 (2.43)

S1 = Χ⁄ΧΜ /(4,75⋅(Χ⁄ΧΜ)2−140⋅(Χ⁄ΧΜ)+1435) при 24<Χ⁄ΧΜ≤ 80 и F≤1,5 (2.44)

S1 = 2,26/(0,1⋅(Χ⁄ΧΜ)2+7,41⋅(Χ⁄ΧΜ)-160) при 24<Χ⁄ΧΜ≤80 и F>1,5; (2.45)

формула 2.38 приΧ⁄Χм> 80 и F≤ 1,5;

формула 2.39 при Χ⁄Χм>80 и F > 1,5.

* 1. *Расчет приземных концентраций при фиксированном значении скорости ветра.*

Максимальное значение приземной концентрации СМи при скорости ветра U≠Uм определяется по формуле:

СМи = r⋅ Cм, (2.46)

где r – безразмерный коэффициент, вычисляемый по формулам:

r = 0,67⋅(U/Uм) + 1,67⋅(U/Uм)2 – 1,34⋅(U/Uм)3 при U/Uм ≤ 1; (2.47)

r = 3⋅( U/UΜ)/( 2⋅(U/UΜ)2 - ( U/UΜ) + 2) при U/UΜ >1. (2.48)

Расстояние ΧМи, на котором при скорости света U приземная концентрация достигает максимального значения СМи, определяется по формуле:

ΧМи = р ⋅ ΧМ, (2.49)

где р = 3 при U/Uм  ≤ 0,25; (2.50)

р = 8,43⋅(1 – U/Uм)5 + 1 при 0,25< U/Uм≤1; (2.51)

р = 0,32⋅(U/Uм) + 0,68 при U/Uм >1 (2.52)

Концентрация на различных расстояниях по оси факела выбросов при скорости ветра U определяется по формулам 2.35 – 2.39, при этом в формулу 2.35 вместо См подставляется Сми, а в формулы 2.36 – 2.39 вместо Χм  подставляется Χми.

1. Расчет загрязнения атмосферы выбросами нескольких источников

При расчете приземных концентраций, создаваемых группой источников, используют принцип суперпозиции, суть которого состоит в следующем: значение приземной концентрации в любой точке местности при заданных скорости и направления ветра равно сумме приземных концентраций, создаваемых каждым источником в отдельности при той же скорости и том же направлении ветра.

Для применения принципа суперпозиции необходимо знать значения приземных концентраций на различных расстояниях от оси факелов выбросов. Значение концентрации на расстоянии Y по перпендикуляру к оси факела (рис.1) определяется по формулам:

Сух = S2⋅ Cx (2.53)

где S2 = 1/ (1 + 5ty + 12,8ty2 + 17ty3 + 45,1ty4)2 (2.54)

ty = U⋅y2/Χ2 при U≤5; (2.55)

ty = 5⋅y2/Χ2 при U>5 (2.56)

Расчет приземных концентраций от группы источников обычно производится на ЭВМ, но для определения концентрации от одного-двух источников загрязнения воздуха он может быть проведен вручную. Более подробно методика расчета приземных концентраций приведена в ОНД-86 /2/. Кроме формул для точечных источников, в ОНД-86 даны формулы для расчета приземных концентраций от линейных и площадных источников, а также приведен специальный раздел для определения приземных концентраций в зонах аэродинамических теней, создаваемых зданиями.

4. Формирование выбросов

Нормативы ПДВ для источников выбросов предприятия устанавливается исходя из следующих положений:

1. Если по результатам расчета рассеивание вредных веществ установлено так, что приземные концентрации за пределами СЗЗ предприятия не превышает нормативов ПДК, то есть, выполняется условие 1.1 и 1.2, то нормативы ПДВ устанавливаются на уровне фактических значений выбросов загрязняющих веществ (3).
2. Если для каких-либо веществ, выбрасываемых предприятием, условие 1.1 и 1.2 не выполняются, то для источников, выбрасывающих эти вещества, проектируются мероприятия по снижению выбросов и проводится повторный расчет приземных концентраций. Если результаты повторного расчета приземных концентраций удовлетворяют условиям 1.1 и 1.2, то нормативы ПДВ для этих источников устанавливаются на уровне, достигаемым после выполнения запроектированных мероприятий.

5. Задания на самостоятельную работу

Оценить степень загрязнения атмосферы и установить норматив ПДВ и для предприятия, имеющего один источник выброса. Параметры источника выбросов, наименование выбрасываемого вещества, размер санитарно-защитной зоны принимается по варианту, указанному преподавателем.

6. Примеры выполнения задания

Пример 1. Дымовой трубой предприятия в атмосферу выбрасывается 48 г/с диоксида серы (SO2). Размер СЗЗ предприятия составляет 600 м. Параметры источника выбросов и величины, определяющие условия рассеивания вредных веществ в атмосфере имеют следующие значения:

Н = 35 м; D = 1,4 м; ω0 = 7 м/с; Тг  = 1240С; Тв = 240С; η = 1; U\* = 9 м/с;

А = 200; Сф = 0,2 мг/м3.

Установить норматив ПДВ.

Решение

1. Вычисляем параметры выбора расчетных формул

;



υΜ′= 1,3⋅7⋅1,4/35=0,36;

ƒе= 800⋅(0,36)3 = 37,32

2. Расчет максимальной концентрации, опасной скорости ветра и расстояния, на котором достигается максимальная концентрация.

Так как ƒ< 100 и υм ≥0,5, то расчет См ведется по формуле 2.6. Параметры, входящие в формулу:

F=1;



m (по формуле 2.9) :



n (по формуле 2.10) : n = 1

Максимальная концентрация SO2:



Коэффициент d для расчета расстояния ΧΜ  вычисляется при ƒ<100 и υΜ>2 по формуле 2.20:



По формуле 2.17 находим ΧΜ:

ΧΜ  = [(5−1)⋅12,3⋅35 ] ⁄ 4 = 430,7 м.

Значение опасной скорости ветра при ƒ<100 и υΜ>2 вычисляется по формуле 2.26:

UΜ=2,04⋅(1+0,12⋅√0,56)=2,22 м/с.

3. Расчет максимально возможной концентрации SO2 на границе СЗЗ.

Коэффициент ƒ1 для расчета скорости ветра UΜ500, при которой на расстоянии от источника Χ= 500 м создается максимально возможная концентрация, вычисляется по формуле 2.32, так как Χ⁄ΧΜ=600 / 430,7=1,393:



По формуле 2.30 находим UΜ500:

UΜ500=1,1⋅2,22=2,44 м/c.

Коэффициент S1′ для расчета максимально возможной концентрации СΜ500 на расстоянии от источника Χ=500 м (на границе СЗЗ) вычисляется при Χ⁄ΧΜ=1,393 по формуле 2.42:



По формуле 2.41 находим СΜ500:

СΜ500 = 0,689 мг/м3

4. Норматив ПДВ.

Проверяем выполнение условия 1.1:

Срасч. + Сф = 0,689 + 0,2 = 0,889 мг/м3.

Предельно допустимая концентрация диоксида серы в атмосфере населенных пунктов составляет 0,5 мг/м3, следовательно, условие 1.1 не выполняется, то есть при существующей мощности выброса 48 г/с возможно загрязнение атмосферы за пределами СЗЗ предприятия выше допустимых пределов.

Для выполнения условия 1.1 необходимо, чтобы расчетная концентрация удовлетворяла условию:

Срасч. ≤ ПДК – Сф = 0,5 – 0,2 = 0,3 мг/м3.

Превышение расчетной концентрации над ее максимально допустимым значением составляет:

N = 0,689/0,3 = 2,3

Из формул расчета приземной концентрации очевидно, что она пропорциональна мощности выброса, следовательно для необходимости снижения в 2,3 раза приземной концентрации нужно в 2,3 раза уменьшить количество выбрасываемого в атмосферу диоксида серы. Таким образом, искомый допустимый выброс составит:

ПДВ = 48/ 2,3 = 20,87 г/с

Пример 2. Установить норматив ПДВ для тех же условий, что и в примере 1, если размер СЗЗ теперь составляет 300 м.

Решение

1. То же, что в примере 1.
2. То же, что в примере 1.
3. Граница санитарно-защитной зоны находится на расстоянии 300 м от источника, а максимально приземная концентрация достигается на расстоянии 430,7 м, то есть за границей СЗЗ. Поэтому в данном примере нет необходимости рассчитывать максимально возможную концентрацию на границе СЗЗ, т.к. она может быть только меньше. Следовательно, для установления ПДВ в качестве расчетной концентрации в данном случае следует принять См = 0,748 мг/м3.
4. Норматив ПДВ.

N = 0,748/0,3 = 2,5;

ПДВ = 48/ 2,5 = 19,2 г/с.

Рекомендованная литература

Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий СН 245 – 75. – М.: Издательство литературы по строительству, 1972.

Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987.

Инструкция по нормированию выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферу и в водные объекты. – М.: Госкомприрода СССР, 1989.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ работа № 3

Основы нормирования параметров сброса промышленных предприятий

*Цель работы:* научиться оценивать соответствие освещения рабочих мест нормам.

Основные теоретические сведения

1. Нормирование качества воды

Под качеством воды понимают совокупность свойств воды, обусловленных характером содержащихся в ней примесей. Качество природных вод формируется под действием различных факторов: физического, химического, микробиологического характера. В соответствии с этим и состав воды оценивают физическими, химическими и санитарно-биологическими показателями.

К физическим показателям относят температуру, содержание взвешенных веществ, цветность, запахи и привкусы.

Температура поверхностных вод колеблется в зависимости от времени года, гипсометрической отметки поверхности, климатических характеристик, а также от антропогенного и техногенного влияния на источники и реки. Температура поверхностных вод колеблется в пределах от 0 до 300С. Температура подземных вод обусловлена их приуроченностью к зоне аэрации или термальной зоне, для зоны аэрации температура находится в пределах 8 - 120С.

Прозрачность и мутность воды зависят от наличия взвешенных веществ, их гидравлической крупности, характера происхождения взвешенных веществ.

Цветность и окраску воде придают гуминовые и фульвокислоты, а также растворимые соли.

Привкусы и запахи природных вод обусловлены наличием в воде солей, продуктов жизнедеятельности гидробионтов, процессами, идущими в водоемах после сброса сточных вод и др. Привкусы определяются по пятибалльной шкале с помощью органов чувств - органолептически.

Запахи воде также придают соли и продукты жизнедеятельности гидробионтов. Различают запахи естественного происхождения: землистый, рыбный, болотный, гнилостный, тинистый, ароматический, сероводородный и т.п. Запахи искусственного происхождения: хлорный, камфорный, аптечный, фенольный, хлорфенольный, нефтепродуктов и т.п.

Интенсивность запахов определяют органолептически при температуре 20 и 600С и оценивают их по пятибалльной шкале: 0 - нет, 1 - очень слабый, 2 - слабый, 3 - заметный, 4 - отчетливый, 5 - очень сильный.

Взвешенные и растворенные вещества при их выделении различными методами дают общий, сухой и прокаленный остаток. Общий остаток образуется при высушивании навески воды при температуре 105 - 1100С без предварительной фильтрации. Остаток, образовавшийся при высушивании воды после предварительной фильтрации носит название сухого остатка и характеризует наличие растворенных в воде солей и их массу. В растворенных соединениях могут быть вещества органического характера, которые при прокаливании остатка при температуре 8000С улетучиваются и в итоге остаются вещества неорганического характера - прокаленный остаток. Прокаленный остаток характеризует солесодержание воды. Таким образом общий остаток является суммой солесодержания воды, органических растворенных веществ и плавающих примесей, в основном, неорганического характера.

Химический состав воды характеризуется: ионным составом, жесткостью, щелочностью, окисляемостью, активной концентрацией водородных ионов (рН), сухим остатком, общим солесодержанием, содержанием растворенного кислорода, углекислого и др. газов.

Ионный состав. В составе химических соединений, растворенных в воде, некоторые компоненты присутствуют в значительных количествах, другие в менее. Компоненты, постоянно и в значительных количествах содержащиеся в водных растворах, носят название макрокомпонентов. Это анионы: Cl-, SO42-, HCO3-, CO32-; Na+, катионы: K+, Ca2+, Mg2+. Макрокомпоненты (десятки и сотни мг/л) составляют основу солесодержания поверхностных и подземных вод, их определение обязательно при выполнении любого анализа воды.

Компоненты, присутствующие в меньших количествах - мезокомпоненты, также обязательны при выполнении анализов воды, особенно при анализе подземных вод, т.к. часто характеризуют природу их происхождения. Это: NH4+, Fe2+, Fe3+, NO2-, NO3-, PO43-. Компоненты, содержащиеся в количествах до сотен мкг/л - микрокомпоненты и в их числе почти все металлы и неметаллы таблицы Д.И. Менделеева.

Форма представления концентраций ионов в мг/л или мг-экв/л. Последнее предпочтительнее, т.к. позволяет определить правильность результатов анализа.

Минерализация - суммарная масса растворенных твердых минеральных веществ (мг/л) определяется суммированием данных анализа и должна хорошо коррелировать со значениями сухого остатка. При сбросе неочищенных сточных вод могут наблюдаться резкие изменения минерализации с последующим разбавлением.

Щелочность воды (мг-экв/л) определяется суммой содержащихся в воде ионов слабых кислот: угольной, органических. Различают бикарбонатную, карбонатную и гидратную щелочность, между которыми в растворе устанавливается определенное равновесие.

Жесткость воды (мг-экв/л) обусловлена наличием солей кальция и магния. Различают карбонатную, устранимую, неустранимую жесткость. Карбонатная жесткость представлена суммой ионов НСО3- и СО32-. При кипячении воды (1 ч) бикарбонаты разрушаются и превращаются в карбонаты. Разность между содержанием соединений кальция и магния до и после кипячения есть устранимая жесткость. Неустранимая и некарбонатная жесткость обусловлена наличием сульфатных (преимущественно) солей кальция, магния и определяется по разности между общей жесткостью и карбонатной.

По величине жесткости различают: очень мягкие воды (жесткость до 1,5 ммоль/л), мягкие (1,5 - 3), умеренно жесткие (3 - 5,4), жесткие (5,4 - 10,7) и очень жесткие (более 10,7 ммоль/л). Воды, поступающие в водопровод г. Тулы и некоторых городов области отмечаются как очень жесткие (20 и более ммоль/л).

Макрокомпоненты в природных водах далеко не всегда находятся в равновесии, в результате развивается так называемая агрессивность вод. Различают углекислотную, сульфатную, выщелачивания, общекислотную и др. При наличии избыточной концентрации, например угольной кислоты по отношению к свободному углекислому газу, развивается углекислотная агрессивность, которая приводит к тому, что вода, действуя на минералы или строительные конструкции, разрушает карбонаты.

Качество воды нормируется для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Для этого применяется санитарно-гигиеническое и рыбохозяйственное нормирование. Санитарно-гигиеническое нормирование применяется для того, чтобы обеспечить надлежащее качество воды в контролируемом створе и предполагает оценку воды в водных объектах по нескольким показателям: санитарно-гигиеническим, санитарно-токсикологическим, общесанитарным, органолептическим. Кроме общесанитарных показателей применяются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, объединенных в группы по лимитирующим признакам вредности (ЛПВ). Предельно допустимые концентрации установлены более, чем для 900 ингредиентов, их значения даются в специальных справочниках.

По санитарному признаку устанавливаются микробиологические и паразитологические показатели воды (число микроорганизмов и число бактерий группы кишечных палочек в единице объема). Токсикологические показатели воды, характеризующие безвредность ее химического состава, определяются содержанием химических веществ, которое не должно превышать установленных нормативов. Наконец, при определении качества воды учитываются органолептические (воспринимаемые органами чувств) свойства: температура, прозрачность, цвет, запах, вкус, жесткость.

На промышленных предприятиях значительная часть воды (на отдельных производствах до 70-90%) расходуется на охлаждение продуктов в теплообменных аппаратах ( вода практически не загрязняется, а лишь нагревается). Кроме того, вода используется: для транспортирования и поглощения растворенных или нерастворенных (минеральных и органических) примесей; в качестве растворителя реагентов; в качестве среды, где происходят физико-химические реакции; для промывки промежуточной и готовой продукции (вода загрязняется продуктами, с которыми она соприкасается).

Таким образом, вода на промышленных предприятиях используется, как правило, для вспомогательных целей и в состав продукции входит лишь в некоторых технологических процессах и сравнительно в небольших количествах. Физико-химические показатели состава сточных вод отдельных производств (табл.1) свидетельствуют о широком диапазоне колебаний состава этих вод, что вызывает необходимость тщательного обоснования выбора оптимального метода очистки для каждого вида вод.

Таблица 1.

Физико-химические показатели состава сточных вод

некоторых промышленных предприятий

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатель | Метал-лургиче-  ский комбинат | Фабрика ПОШ | Гидролизный завод | Спиртово-крахмаль-ный завод | | Красиль-но-отделоч-ная фабрика |
| Содержание, мг/л: |  |  |  |  | |  |
| плотного остатка | 600 | 33 500 | 8 600 | 1 400 | | 1 200 |
| взвешенных веществ | 500 | 28 000 | 950 | 470 | | 170 |
| азота аммонийного | – | 210 | 150 | 45 | | 12 |
| фосфатов | – | – | 40 | 15 | | 1 |
| нефтепродуктов | 40 | – | – | – | | – |
| жиров | – | 7 800 | – | – | – | |
| ПАВ | – | – | – | – | | 100 |
| фурфурола | – | – | 50 | – | | – |
| Интенсивность окраски | – | – | – | – | | 1:150 |
| по разбавлению |  |  |  |  | |  |
| БПК5, мг/л | – | 6 300 | 2 400 | 360 | | 200 |
| БПКполн, мг/л | – | 17 800 | 3 300 | 580 | | 250 |
| ХПК, мг/л | 50 | 44 000 | 4 900 | 830 | | 600 |
| рН | 8 | 9,5 | 5,5 | 7,2 | | 9 |

Таким образом, вода на промышленных предприятиях используется, как правило, для вспомогательных целей и в состав продукции входит лишь в некоторых технологических процессах и сравнительно в небольших количествах.

Нормативные показатели качества природных вод разработаны для двух *видов водопользования:* а) хозяйственно-питьевого и культурно-бытового; б) рыбохозяйственного.

Основное нормативное требование к качеству воды водных объектов состоит в соблюдении установленных предельно допустимых концентраций (ПДК).

Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКв) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования [2].

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДКвр) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых [2].

ПДКвр представляет собой норматив качества воды водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей; прежде всего, к этой группе относятся водные объекты по сохранению и воспроизводству ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к недостатку кислорода. Таким образом, введение ПДКвр можно считать определенным шагом на пути экологического нормирования состояния водной среды, учитывающего не только интересы человеческой деятельности, но и в некоторой степени предполагающего ограничение воздействия на гидробионтов (условия, приемлемые для чувствительных промысловых рыб, как правило, благоприятны и для всего биоценоза).

Основным нормативом сбросов загрязняющих веществ, установленным в России, является предельно допустимый сброс (ПДС) – *масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.* ПДС – предел по расходу сточных вод и концентрации содержащихся в них примесей – устанавливается с учетом предельно допустимых концентраций веществ в местах водопользования (в зависимости от вида водопользования), ассимилирующей способности водного объекта, перспектив развития региона и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды [3].

ПДС устанавливаются для каждого источника загрязнения и каждого вида примеси с учетом их комбинированного действия. В основе определения ПДС (по аналогии с ПДВ) лежит методика расчета концентраций загрязняющих веществ, создаваемых источником, в контрольных пунктах – расчетных створах – с учетом разбавления, вклада других источников, перспектив развития (проектируемые источники) и т.д.

Общий принцип установления ПДС – величина ПДС должна гарантировать достижение установленных норм качества воды (санитарных и рыбохозяйственных) при наихудших условиях для разбавления в водном объекте.

В случае, если значение ПДС по объективным причинам не могут быть достигнуты, для таких предприятий устанавливаются временно согласованные сборы вредных веществ (ВСС) и вводится поэтапное снижение показателей сбросов вредных веществ до значений, которые обеспечивают соблюдение ПДС.

Расчеты по распределению необходимой степени очистки сточных вод, спускаемых в водоем, производят по следующим параметрам:

содержание взвешенных веществ;

содержание вредных веществ;

потребление сточными водами растворенного кислорода;

биохимическая потребность в кислороде (БПК);

реакция воды (pH) и др. (см. Табл.2).

Таблица 2

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых целей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | I категория | II категория |
|  | хозяйственно-питьевое | культурно-бытовое |
| Взвешенные вещества  Плавающие примеси  Запахи и привкусы  Окраска  Температура  рН  Минерализация воды  Растворенный кислород  БПКполн  Возбудители заболеваний  Ядовитые вещества | По сравнению с природными условиями содержание взвешенных веществ не должно увеличиться при сбросе сточных вод больше, чем на  0,25 мг/л 0,75 мг/л  Для водоемов и водотоков, содержащих в межень более 30 мг/л природных взвешенных веществ, допускается увеличение до 5%  Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для водотоков и более 0,2 мм/c для водохранилищ к спуску запрещаются  На поверхности воды не должно быть пленок нефтепродуктов и скоплений других примесей  Интенсивность более 2 баллов не допускается  Вода не должна сообщать посторонних запахов и привкусов мясу рыб  Не должна обнаруживаться в столбике воды  20 см 10 см  Летняя температура в результате спуска сточных вод не должна повышаться более, чем на 30С по сравнению со среднемесячной температурой воды в самый жаркий месяц за последние 10 лет  Не должен выходить за пределы 6,5 - 8,5  Не должна превышать Нормируется по  по сухому остатку приведенному  1000 мг/л, в том выше показателю  числе хлоридов привкусы  350 мг/л и сульфатов  500 мг/л  Не менее 4 мг/л в любой период года в пробе, отобранной до 12 ч дня  При 200С не должно превышать:  3 мг/л 6 мг/л  Не допускаются  Не должны содержаться в концентрациях, оказывающих прямо или косвенно вредное влияние на здоровье людей | |

Нормативы качества водных объектов, предназначенных для рыбохозяйственного использования устанавливаются применительно к двум категориям: водные объекты предназначены для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих особой чувствительностью к кислороду - I категория; водные объекты предназначены для других рыбохозяйственных целей - II категoрия.

При оценке содержания вредных веществ учитывается наличие веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности (ЛПВ). В случае присутствия в воде веществ с одинаковым ЛПВ, допустимая концентрация определяется из условия, что сумма относительных концентраций не должна превышать единицу:

 (1)

где C1,,…,Cn - концентрации ингредиентов, относящихся к одному ЛПВ;

ПДК1 ПДКn - предельно допустимые концентрации этих веществ.

2. Определение необходимой степени очистки производственных сточных вод

Для правильного определения необходимой степени очистки сточных вод, спускаемых в водоем, в каждом случае нужно иметь подробные данные об их количестве и составе, а также данные детальных обследований водоема, характеризующие местные гидрологические и санитарные условия.

2.1. Расчет степени очистки сточных вод по взвешенным веществам

Допустимая концентрация взвешенных веществ в очищенных сточных водах перед сбросом в водоем (m, мг/л) определяется из уравнения

aQb + qm = (aQ + q)(p + b), (2.1)

откуда m = p(aQ/q + 1) + b, (2.2)

где m – допустимое содержание взвешенных веществ в спускаемых сточных водах, мг/л;

b – содержание взвешенных веществ в воде водоема до спуска сточных вод, мг/л;

p – допустимое по санитарным нормам увеличение взвешенных веществ в водоеме после спуска стоков, мг/л;

Q – расход воды в водоеме, л/с;

q – расход воды сточных вод, поступающих в водоем, л/с;

a – коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода воды в водоеме смешивается со сточными водами в расчетном створе.

Коэффициент смешения a определяют по следующей формуле:

 (2.3)

где е – основание натуральных логарифмов;

L – расстояние от створа выпуска сточных вод до ближайшего пункта водопользования по течению реки, м;

β - коэффициент, учитывающий гидравлические факторы в реке.

Коэффициент β определяется по формуле:

 (2.4)

ϕ - коэффициент извилистости реки, равный отношению расстояния от места выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру Lф и расстоянию между этими пунктами по прямой Lпр:

ϕ = Lф/Lпр, (2.5)

ξ - коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод: при выпуске у берега ξ = 1, при выпуске в фарватер ξ = 1,5.

D – коэффициент турбулентной диффузии.

Коэффициент D определяется по формуле:

D = Vcp\*Hcp/200, (2.6)

где Vcp – средняя скорость течения реки, м/с;

Hcp - средняя глубина реки, м.

Степень необходимой очистки (η, %) по взвешенным веществам определяется по формуле:

η = 100\*(C – m)/C, (2.7)

где С – содержание взвешенных частиц в сточных водах до очистки, мг/л.

2.2. Расчет степени очистки сточных вод по содержанию вредных веществ.

Необходимая степень очистки сточных вод определяется применительно к общесанитарным и органолептическим показателям вредности и к каждому из нормативных показателей загрязнения.

Расчеты по определению необходимой степени очистки сточных вод, спускаемых в водоем, производят по количеству взвешенных веществ, по допустимой БПК в смеси речной воды и сточных вод, по потреблению сточными водами растворенного кислорода, по температуре воды, окраске, запаху и солевому составу, по ПДК токсичных примесей и других вредных веществ, а также по изменению активной реакции воды водоема.

Взаимосвязь между санитарными требованиями к условиям спуска сточных вод в водоемы (соответствие состава и свойств воды водоема, используемого для водопользования, установленным нормативам) и необходимой степенью очистки сточных вод перед спуском их в водоем в общем виде выражается формулой

 ( 2.7)

где Сст – концентрация загрязнения (вредного вещества) сточных вод, при которой не будут превышены допустимые пределы (расчетный показатель состава и свойств воды в соответствии с санитарными требованиями);

Ср – концентрация этого же вида загрязнения (вредного вещества) в воде водоема выше места выпуска рассматриваемого стока,

Сп.д – предельно допустимое содержание загрязнения (вредного вещества) в воде водоема;

а – коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода воды в водоеме смешивается со сточными водами в расчетном створе;

Q – расход воды в водоеме;

q – расход сточных вод, поступающих в водоем.

Преобразуя формулу (2.7), получим значение Сcт, т. е. концентрацию загрязнения (вредного вещества) в сточных водах, которая должна быть достигнута в результате их очистки и обезвреживания:

 (2.8)

Расчетные створы ближайших пунктов водопользования устанавливаются органами Государственного надзора с учетом перспектив использования водоема.

2.3. Определение, необходимой степени очистки по БПКполн.

Биохимическая потребность в кислороде (БПК) – это количество растворенного в воде кислорода, израсходованное в определенный промежуток времени на аэрофобное (с доступом кислорода) биохимическое окисление бактериями и микроорганизмами нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде. БПК определяют для различных отрезков времени, например, за 5 суток (БПК5), за 20 суток (БПК20), а также независимо от времени – на полное окисление органики (БПКполн).

В основу расчета положено изменение степени загрязненности путем разбавления сточных вод водоема, а также за счет биохимических процессов самоочищения сточных вод от органических веществ.

Баланс БПК смеси речной и сточной воды в расчетном створе (без учета реаэрации) выражается уравнением

 (2.9)

где Lст – БПКполн сточной воды, которая должна быть достигнута в процессе очистки, Lр – БПКполн речной воды до места спуска сточных вод, Lп.д – предельно допустимая БПКполн смеси речной и сточной воды в расчетном створе, kст и kр – константы скорости потребления кислорода соответственно сточной и речной водой; t – продолжительность перемещения воды от места спуска сточных вод до расчетного пункта, сут, равная отношению расстояния по фарватеру от места спуска сточных вод до расчетного пункта Lср к средней скорости течения воды в реке на данном участкеvcp.

Отсюда

 (2.10)

Если фактическая БПКполн подлежащей сбросу сточной воды La > Lст, то вода до выпуска в водоем должна быть очищена. Необходимая степень очистки η, %, определяется выражением

 (2.11)

Константа kр имеет различные значения в зависимости от температуры воды:

Т 0С 0 5 10 15 20 25 30

kр 0,04 0,05 0,063 0,08 0,1 0,126 0,158

Константу скорости потребления кислорода kст следует либо определять на основе литературных данных и аналогичных показателей для родственных предприятий, либо проводить специальные исследования. По полученным данным строится кривая потребления кислорода, на основании которой и рассчитывается kст.

2.4. Расчет степени очистки сточных вод по содержанию растворенного кислорода

В воде водоема после смешения с ней сточных вод количество растворенного кислорода не должно быть менее 4 мг/л (для водоемов питьевого и культурно-бытового вида водопользования).

Если в расчетном створе окажется, что содержание растворенного кислорода больше или равно нормированному, то во всех остальных створах по течению воды его содержание будет большим. При расчете принимается, что если концентрация содержащегося в воде растворенного кислорода не станет ниже 4 мг/л в течение первых двух суток, то снижения в дальнейшем не произойдет. Поскольку растворенный кислород в основном идет на снижения БПК, то при расчете это значение определяется в сбрасываемых сточных водах.

Допустимая концентрация по растворенному кислороду (БПК) в очищенных сточных водах находится по формуле:

Lcm = αQ\*(Qp – 0,4Lp – 4)/0,4q – 4/0,4, (2.12)

где Qp – содержание растворенного кислорода в речной воде до места выпуска сточных вод, мг/л;

Lp, Lcm – БПКполн соответственно речной и сточной воды, мг/л;

0,4 – коэффициент для пересчета БПКполн в двухсуточное значение;

4 – минимальная концентрация кислорода в воде.

Если полученная величина Lcm меньше фактического значения БПКполн в сточных водах (Lфcm, мг/л), то последние должны быть очищены до концентрации органических загрязнителей по БПКполн, равной концентрации Lcm. Степень очистки рассчитывается по формуле:

η = 100\*(Lфcm – Lcm)/Lcm,(2.13)

где Lфcm – фактическое значение БПКполн в сточных водах, мг/л.

2.5. Определение необходимой степени очистки по температуре воды водоема.

Расчет производится в соответствии с санитарными требованиями, ограничивающими повышение летней температуры воды за счет термальных загрязнений сточных вод, поступающих в водоем. Это условие описывается уравнением

 (2.14)

где Tст – максимальная температура сточных вод, при которой соблюдается санитарное требование относительно температуры воды в расчетном створе; Tр – максимальная температура воды водоема до места выпуска сточных вод в летнее время, Tд – допустимое повышение (не более чем на 3°С) температуры воды водоема.

Полученные в результате расчетов Сicm по каждому загрязняющему веществу и необходимая степень очистки сточных вод по вредным являются основой для выбора технологии очистки сточных вод и выбора аппаратов для очистки стоков по их эффективности и нагрузке.

3. Задание на работу

Оценить соответствие состава и свойств сбрасываемых сточных вод нормативным требованиям и рассчитать, при необходимости, степень очистки стоков. Параметры сточных вод для расчета принимаются по варианту, указанному преподавателем (Приложение 1).

Расчет должен включать определение допустимых значений концентрации взвешенных веществ, концентрации вредных веществ и БПКполн по растворенному в воде кислороду в спускаемых сточных водах.

Если фактические значения указанных величин превышают допустимые, то рассчитать необходимую степень очистки сточных вод по этим величинам.

4. Рекомендованная литература

1. ГОСТ 17.1.1.01-77(СТ СЭВ 3544-82). Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.

2. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – Л.: Химия, 1985. – 528 с.

3. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды: Учебное пособие для инженера-эколога/Под ред. А.Ф. Порядина и А.Д. Хованского. – М.: НУМЦ Минприроды России, Издательский Дом “Прибой”, 1996. – 350 с.

4. Яковлев С.В. и др. Водоотводящие системы промышленных предприятий: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1990. – 511.

Приложение 1

Варианты заданий

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | | Варианты расчета | | | | | | |
| обозначение | единица | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| b | мг/л | 3,3 | 9,7 | 19,2 | 197 | 298 | 40 | 30 |
| p | мг/л | 0,75 | 0,75 | 0,25 | 0,75 | 0,75 | 0,25 | 0,25 |
| Q | м3/с | 2 | 8 | 15 | 10 | 25 | 30 | 20 |
| q | м3/с | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| l | м | 100 | 600 | 200 | 300 | 500 | 400 | 900 |
| lф | м | 500 | 500 | 600 | 600 | 700 | 700 | 500 |
| lnp | м | 400 | 350 | 450 | 500 | 550 | 500 | 380 |
| ξ |  | 1 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1 |
| Vcp | м/с | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,5 |
| Hcp | м | 3 | 6 | 4 | 5 | 4,5 | 3,5 | 5,5 |
| C | мг/л | 500 | 28000 | 950 | 470 | 170 | 600 | 25000 |
| Cp | мг/л | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,6 | 0,03 | 0,0002 | 0,0004 |
| CП.Д. | мг/л | Бензол  0,5 | Цинк  1,0 | Железо  0,5 | Медь  1,0 | Никель  0,1 | Этилен  0,005 | Ртуть  0,005 |
| Сфст | мг/л | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 0,03 | 0,04 |
| Qp | мг/л | 7 | 7 | 8 | 7 | 6 | 7 | 7 |
| Lp | мг/л | 3,0 | 2,9 | 2,7 | 2,1 | 3,0 | 2,7 | 2,8 |
| Lфст | мг/л | 4,0 | 4,2 | 3,5 | 3,8 | 4,6 | 4,4 | 3,7 |

### ПРАКТИЧЕСКАЯ работа № 4

ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

*Цель работы:* выработать знания у студентов по расчету и проектированию защитных устройств от электромагнитных полей.

1. Основные теоретические сведения

Электромагнитное поле (ЭМП) – это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между заряженной частицами. Переменное ЭМП представляет собой совокупность магнитного и электрического полей. Электрическое поле возникает при наличии напряжения на токоведущих частях, а магнитное – при прохождении тока по токоведущим частям.

Электромагнитное поле обладает энергией и распространяется в виде электромагнитных волн. Скорость распространения колебаний в воздухе v равна скорости света 3\*108 м/с.

Электромагнитные поля промышленной частоты (50 Гц) имеют длину волны 6\*103 км. Электромагнитные поля радиочастот делятся на три диапазона:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование диапазона | Частота колебаний | Длина волны |
| Высокие частоты (ВЧ) | 600 кГц …30 МГц | 5 км … 10 м |
| Ультравысокие частоты (УВЧ) | 30 МГц … 300 МГц | 10 м … 1 м |
| Сверхвысокие частоты (СВЧ) | 300 МГц … 300 ГГц | 1м … 1 мм |

Область распространения электромагнитных волн от источника излучения условно разделяют на три зоны: ближнюю (имеющую радиус менее 1/6 длины волны), промежуточную и дальнюю (расположенную на расстоянии более 1/6 длин волн от источника).

В ближней и промежуточной зонах электромагнитная волна еще не сформирована, поэтому интенсивность ЭМП в этих зонах оценивается раздельно напряженностью электрической Е (В/м) и магнитной Н (А/м) составляющих поля.

В дальней зоне воздействия ЭМП оценивается плотностью потока энергии:

**

где П – плотность потока энергии, Вт/м2;

Е – напряженность электрической составляющей ЭМП, В/м;

Н – напряженность магнитной составляющей ЭМП, А/м.

При текущем санитарном контроле (не реже одного раза в год), а также в случае приемки источников ЭМП или изменения их конструкции и режимов работы, производится измерение параметров электромагнитного поля на рабочих местах. Измеренные значения сравниваются с нормативными по ГОСТ 12.1.002-84 или ГОСТ 12.1.008-84 и если они не соответствуют, то применяются меры защиты.

В данной практической работе предлагается выполнить расчет параметров электромагнитных полей и выбрать средства защиты.

Источниками ЭМП высокой частоты (ВЧ) и ультравысокой частоты (УВЧ) на машиностроительных предприятиях являются плавильно–закалочные и сушильные установки. Для индукционного нагрева металла применяются установки (рис. на стенде), состоящие из трансформатора, выпрямителя, генератора и индуктора. Для нагрева неметаллических материалов (например, древесины) вместо индукционной катушки используется конденсатор ..

Рабочие места по обслуживанию нагревательных установок обычно находятся в ближней зоне воздействия. ЭМП, где соотношение напряженности электрической Е и магнитной составляющей Н зависит от вида источника излучения (конденсатор или индуктор).

Напряженность магнитной составляющей поля (от индуктора) рассчитывается по формуле:

 (1)

где Н - напряженность магнитной составляющей ЭМП на расстоянии г от установки, А/м;

ω – число витков катушки (индуктора);

I - сила тока в катушке, А;

Rинд – радиус катушки индуктора, м;

R – расстояние от катушки до рабочего места, м;

β – коэффициент, зависящий от отношения r/Rинд и lk/Rинд (определяется по кривой рис. 2.2, при отношении r/Rинд больше 10 β=1);

lk – высота (длина) катушки индуктора, м.

Напряженность электрической составляющей ЭМЛ от конденсатора можно рассчитать по формуле:

 (2)

где S – площадь пластин конденсатора, м2;

k – коэффициент, зависящий от материала, расположенного между пластинами;

d – расстояние между пластинами конденсатора, м;

r – расстояние от конденсатора до точки, где определяется напряженность, м.

2. Нормирование электромагнитных полей

По ГОСТ 12.1.006-84 в диапазоне частот 60 кГц … 300 МГц нормируется напряженность электрической и магнитной составляющих ЭМП, а также энергетическая нагрузка на человека:

 (3)

 (4)

где ЭЕ – энергетическая нагрузка, создаваемая электрическим полем, (В/м)2\*ч;

Эн – энергетическая нагрузка, создаваемая магнитным полем, (А/м)2\*ч;

Т – время воздействия на человека, ч.

Предельно допустимое значение Е и Н в диапазоне частот 60 кГц … 300 МГц на рабочих местах персонала следует определять исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формулам:

 (5)

 (6)

где Епд и Нпд – предельно допустимые значения напряженности электрического, В/м, и магнитного, А/м, полей;

ЭЕпд и ЭНпд – предельно допустимые значения энергетической нагрузки в течение рабочего дня (В/м)2\*ч и (А/м)2\*ч (табл.1).

Таблица 1

Значение Епд, Нпд, ЭЕпд и ЭНпд.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Предельные значения в диапазоне частот, Мгц | | |
| От 0,06 до 3 | Св. 3 до 30 | Св. 30 до 300 |
| Епд, В/м | 500 | 300 | 80 |
| Нпд, А/м | 50 | - | - |
| ЭЕпд, (В/м)2\*ч | 20000 | 7000 | 800 |
| ЭНпд, (А/м)2\*ч | 200 | - | - |

Одновременное воздействие электрических и магнитных полей в диапазоне частот от 0,06 до 3 МГц следует считать допустимой при условии:

 (7)

*Пример.* При частоте ЭМП 100 кГц измеренное значение напряженности электрического поля Е = 50 В/м, время воздействия 8 ч. Энергетическая нагрузка:

ЭЕ = Е2 \* Т = 502\*8 = 20.000 (В/м)2,

т.е. при Е = 50 В/м допускается в течение рабочего дня нахождение людей без средств защиты.

*Пример.* При частоте ЭМП 100 кГц напряженность магнитного поля Н = 50 А/м. Возможное время нахождения людей в этой зоне без средств защиты.



т.е. время меньше 5 мин. Поэтому Нпд = 50 А/м, и если Н будет выше Нпд, то запрещается даже кратковременное пребывание людей в этой зоне без средств защиты.

*Пример.* При частоте ЭМП 100 кГц напряженность электрической составляющей поля Е = 50 В/м и напряженность магнитной составляющей поля Н = 5 А/м. Энергетическая нагрузка при времени работы 4ч:

ЭЕ = 502 \* 4 = 10 000 (В/м)2\*ч,

ЭН = 52 \* 4 = 100 (В/м)2\*ч,



Условие т.е. допускается работа в течение 4 ч без средств защиты.

3. Защита от электромагнитных полей

Для защиты обслуживающего персонала от электромагнитных полей индукторов и конденсаторов их экранируют. Форма экрана должна удовлетворять конструктивным и эксплуатационным требованиям. Экраны применяются сплошные с вентиляционными и смотровыми окнами, а также в форме цилиндра или прямоугольного параллелепипеда.

Для плавильной печи экран может иметь вид колпака, который ставится на металлическое заземленное основание, подведенное под печь, так что между колпаком и основанием создается хороший электрический контакт и они создают замкнутый экран. Такой экран практически не пропускает электромагнитное излучение. В верхней части колпака вмонтирован вытяжной зонт. Для обеспечения свободного доступа к печи при ее загрузке, выгрузке или ремонте над печью установлен специальный механизм для подъема колпака на высоту до 2 м. Подъем кожуха сблокирован с отключением печи от источника питания.

При массовом производстве каких либо деталей устраивается конвейерная подача заготовок в нагревательный индуктор. Конвейер позволяет направлять заготовки в гнезда на значительном расстоянии от индуктора, где напряженность электромагнитного поля меньше. Экран такого индуктора обычно представляет собой полый цилиндр (расположенный вертикально или горизонтально) и патрубок, закрепленный на кожухе-экране установки. Экран изготавливают из листовой стали, алюминия или меди, толщиной не менее 0,6 мм.

Следует отметить, что индуктор создает наиболее мощное излучение, когда в него не введена (как сердечник в индукционную катушку) обрабатываемая заготовка. После введения заготовки в индуктор внешнее излучение резко уменьшается. Поэтому целесообразно установку автоматически включать только после введения заготовки в индуктор.

При диэлектрическом нагреве рабочие конденсаторы, как правило, помещаются в специальных камерах, которые следует экранировать. Если же рабочий конденсатор должен находиться в помещении открыто, его можно экранировать аналогично нагревательному индуктору - прямоугольной полой трубой из тех же материалов.

Эффект защиты от электромагнитных полей при диэлектрическом нагреве будет значителен, если применить педальное включение конденсатора или конвейерную подачу обрабатываемых заготовок в зону нагрева.

4. Методика расчета экрана индуктора

Методика расчета экрана индуктора состоит в следующем. Вначале вычисляется напряженность магнитной составляющей поля Н от индуктора по формуле (1). Сравнивается полученное значение Н с допустимым значением Нд по ГОСТ 12.1.006-84. Определяется требуемая эффективность экранирования:

 (8)

где ЭТР - требуемая эффективность экранирования;

Н - действующее значение напряженности магнитной составляющей поля, А/м;

Нд - допустимый уровень напряженности магнитной составляющей поля, А/м.

Проектирование экрана проводится с учетом обеспечения доступа к нагревательной установке, возможности механизации процесса загрузки и т.д., а также с учетом минимальной потери энергии в экране.

Радиус цилиндрического замкнутого экрана RЭКР плавильной установки для закалки металлов при условии, что потери в нем не превышают 1 % мощности генератора, определяются по формуле:

, (9)

где RИНД - радиус катушки индуктора, м;

ω - число витков катушки:

I - сила тока в катушке, А,

ρ - удельное сопротивление материала экрана (табл. 2), Ом\*м;

δ - глубина проникновения (расстояние, на котором напряженность поля уменьшается в *е* = 2,73 раза), м;

Р - мощность генератора, Вт.;

1к - длина катушки, м.

Глубина проникновения электрического поля:

, (10)

где μ - относительная магнитная проницаемость материала экрана (табл. 2);

fm - частота колебаний электромагнитного излучения, МГц;

λ - длина волны ЭМП, м.

Таблица 2.

Характеристики материалов экранов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Материал | Удельное сопротивление ρ, Ом\*м | Относительная магнитная проницаемость |
| Алюминий | 0,28\*10-7 | 1 |
| Медь | 0,17\*10-7 | 1 |
| Сталь | 1,5\*10-7 | 150 |

Проверяется значение Rэкр по условию, что расстояние между витками индуктора и стенками цилиндра должна быть не менее радиуса индуктора, то есть:

, (11)

где Rинд - радиус витков индуктора (рис. 3), м.

Высота экрана определяется из формулы эффективности экранирования:

, (12)

где ЭЭКР - эффективность экранирования, т.е. величина, показывающая во сколько раз напряженность поля в данном месте уменьшилась в результате экранирования;

lЭКР - расстояние по оси индуктора от его крайних витков до краев цилиндра, м;

DЭКР - диаметр цилиндра экрана, м.

Если в результате расчета стального экрана его габариты по­лучаются большими, то целесообразно применить алюминий или медь.

На эффективность экрана не влияет его толщина, т.к. для экранирования достаточно очень тонкого слоя металла. Поэтому толщина экрана принимается из условия прочности, равной 0,8 … 2 мм.

В результате расчета размеров экрана его эффективность должна быть больше требуемого значения, т.е.:

, (14)

*Пример.* Рассчитать экран плавильной печи установки ЛП-37: радиус печи (катушки индуктора) RИНД = 0,13 м, высота печи (катушки) lK = 0,36 м, мощность плавильной печи Р = 60 кВт, число витков катушки индуктора ω = 25, сила тока в катушке I = 260 А, частота f = 70 кГц, радиус сердечника (нагреваемый материал) RC = 0,09 м, выcjта сердечника (длина) lC = 0,35м, расстояние от оси катушки до рабочего места  
 r = 6,8 м.

Решение проводим в следующем порядке.

По формуле (1) вычисляем значение магнитной составляющей, напряженности поля на рабочем месте, когда индуктор без экрана:



где β выбрано по графику (рис 2.2) по значениям

r / RИНД = 0,8 / 0,13 = 8 и lK / RИНД = 0,35 / 0,13 = 2,7, β = 1

По ГОСТ 12.1.006-84 в диапазоне частот 60 кГц … 3 МГц предельно допустимая энергетическая нагрузка в течение рабочего дня ЭНпд составляет 200 (А/м)2\*ч, т.е. допустимая напряженность магнитного поля



Для снижения напряженности ЭМП необходимо применять экран. Требуемая эффективность экранирования



Проверим возможность применения стального цилиндрического экрана (рис.на стенде). Диаметр экрана выбираем из условия, что ослабление магнитного поля в печи (индуктора) с сердечником не будет больше 1 *%,* то есть по формуле (9);



где δ вычисляется по формуле (10)





Полученный радиус экрана из стали очень большой, поэтому применим экран из алюминия.

Для алюминиевого экрана глубина проникновения ЭМП составляет





Проверяем Rэкр по формуле (14)





поэтому принимаем



Высоту экрана lЭКР вычисляем из формулы (13), где ЭЭКР принимаем равной Этр:



Общая длина экрана



Округляем полученные размеры DЭКР = 0,5 м., 1 =1 м, тогда 1ЭКР = ,326 м.

Проверяем эффективность экрана по формуле (12)



что больше ЭТР.

Таким образом, принимаем алюминиевый цилиндрический экран диаметром 50 см и общей длиной 1м. Толщину экрана принимаем из условия прочности, равной 1 мм.

5. Расчетное задание

*Задача.* Рассчитать экран высокочастотной плавильной печи. Параметры индуктора и расстояние до рабочего места даны в табл. 3. В задаче приняты следующие обозначения:

R инд – радиус катушки индуктора печи, м;

l к – длина катушки индуктора, м;

Р – мощность плавильной печи, кВт;

ω – число витков катушки индуктора;

I – сила тока в катушке, А;

f – частота тока, Гц;

r – расстояние от оси катушки до рабочего места, м.

Таблица 3

Исходные данные для задачи

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Параметры индуктора плавильной печи | | | | | | Расстояние до рабочего места r, м. |
| R инд , м | l к , м | ω | I, А | f, Гц | Р, кВт |
| 1 | 0,1 | 0,15 | 20 | 150 | 150 | 30 | 0,6 |
| 2 | 0,2 | 0,3 | 40 | 200 | 100 | 60 | 1,3 |
| 3 | 0,3 | 0,4 | 60 | 300 | 60 | 100 | 2,0 |
| 4 | 0,2 | 0,4 | 50 | 300 | 150 | 70 | 1,5 |
| 5 | 0,1 | 0,3 | 25 | 250 | 70 | 50 | 0,8 |
| 6 | 0,1 | 0,2 | 20 | 150 | 200 | 40 | 0,8 |
| 7 | 0,2 | 0,2 | 25 | 100 | 400 | 30 | 0,6 |
| 8 | 0,2 | 0,4 | 30 | 250 | 30 | 70 | 1,5 |
| 9 | 0,3 | 0,3 | 50 | 350 | 350 | 100 | 2,0 |
| 10 | 0,2 | 0,3 | 45 | 200 | 50 | 60 | 1,3 |

### ПРАКТИЧЕСКАЯ работа № 5

Акустическая оценка уровней городского транспортного шума

*Цель работы:* сформировать знания студентов в области исследования и оценки шумого загрязнения от транспорта в жилых микрорайонах города.

1. Основные теоретические сведения

Шум на магистралях и в жилых микрорайонах города зависит от интенсивности, скорости движения, состава транспортного потока, планировочных решений застройки города, наличия зеленых насаждений и других факторов.

Основной характеристикой транспортного шума является эквивалент – уровень звука, LАэкв, дБА, измеренный на расстоянии 7,5 м от оси первой полосы движения транспорта, определяемый по формуле



где Т – время наблюдения, ч; LА(t) – уровень звука в момент времени t, дБА.

Наибольшие уровни звука в жилых микрорайонах города отмечаются на магистральных улицах и достигают 72 – 82 дБА при интенсивности движения 2000 – 2500 транспортных единиц в час, что значительно превышает нормативное значение (65 дБА). Соответственно, уровни шума в зданиях, расположенных вдоль этих магистралей, составляют 50 – 60 дБА, что также превышает уровни, допустимые санитарными норамами (40 дБА).

В условиях все возрастающей уровней транспортного шума возникает острая необходимость в умении оценивать шумовой режим города и предусматреть систему мероприятий по оздоровлению акустической среды города.

В связи с этим в данной работе стедентам предлагается провести акустический расчет, связанный с выявлением, анализом и оценкой уровней шума на магистралях города и разработкой мероприятий по его снижению.

2. Содержание работы

Практическая работа предусматривает решение следующих задач:

1. Расчет эквивалентного уровня звука от транспортного потока на магистрали города. Расчет проводить в соответствии с п. 3.1.
2. Расчет ожидаемых уровней звука от транспорта в расчетной точке на территории микрорайона и в помещении. Расчет проводить в соответствии с п. 3.2 и 3.3.
3. Оценка уровней звука на территории микрорайона и в помещении. Расчет проводить в соответствии с п. 3.4.
4. Расчет средств защиты от шума. Расчет проводить в соответствии с п. 3.2.

3. Методика проведения расчетов

3.1. Расчет эквивалентного уровня звука транспортного потока.

Эквивалентный уровень звука от транспортного потока на магистрали города LАэкв, дБА, может быть определен в зависимости от состава и скорости движения транспортного потока по формуле

, (1)

где N – общее число транспортных единиц в двух направлениях движения за 1 час; V – скорость движения транспортного потока, м/с; ρ - доля грузовых и общественных транспортных средств в общем потоке, %.

3.2. Расчет ожидаемых уровней звука от транспорта на территории микрорайона.

Для расчета уровней звука от транспорта на территории микрорайона выбирается расчетная точка – РТ, которая намечается на ближайшей к источнику шума границе площадок отдыха микрорайона на высоте 1,5 м от уровня поверхности площадок.

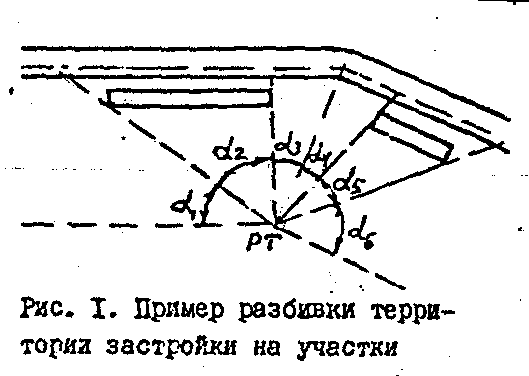
Территория застройки разбивается на отдельные участки, отличающиеся по условиям распространения шума рис. 1. Для этого из расчетной точки на плане микрорайона проводят лучи через края зданий – экранов, через точки пересечения улиц или дорог до пересечения с осью первой полосы движения транспортных средств.

Уровня звука LAтер, дБА, в расчетных точках территории следует определить по формуле

 (2)

где LAi – уровень звука, дБА, в расчетной точке от i-го экранированного или неэкранированного участка магистрали;

- суммарный уровень звука, дБА, в расчетной точке.



Вместо расчетов по формуле (2) при определении суммарного уровня звука в расчетной точке можно пользоваться табл. 1. Сложение уровней звука по этой тобл. производят последовательно, начиная с максимального, в следующем порядке: вычисляют разность двух складываемых уровней звука; определяют добавку к более высокому из двух складываемых уровней звука по табл. 1 в зависимости от полученной разности этих уровней звука; производят сложение полученной разности этих уровней звука; производят сложение полученной добавки и более высокого из двух складываемых уровней звука; аналогичные действия производят с полученной суммой и третьим уровнем и т. д.

Таблица 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Разность двух складываемых уровней звука, дБА | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 20 |
| Добавка к более высокому из двух складываемых уровней звука, дБА | 3,0 | 2,5 | 2 | 1,8 | 1,5 | 1,2 | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0 |

Уровень звука LAi, дБА, в расчетной точке от i-го участка улицы следует определять по формуле

 (3)

где LАэкв – эквивалентный уровень звука транспортного потока, дБА, определяемый по формуле (1); ΔLАрас, ΔLАвид, ΔLАпок, ΔLАвоз, ΔLАзел, ΔLАэкр – снижение уровня звука, дБА, соответственно, в зависимости от расстояния межу источником шума и расчетной точкой; вследствие ограничения угла видимости улицы из расчетной точки, акустически мягким покрытием территории; вследствие затухания звука в воздухе, полосами зеленых насаждений; экраны.

3.2.1. Снижение уровня звука в зависимости от расстояния между источниками шума и расчетной точкой ΔLАрас, дБА, следует определять по формуле

 (4)

где rn – кратчайшее расстояние, м, между расчетной точкой – РТ и акустическим центром источника шума – ИШ, рис. 2; определяется по формуле (5) или графически на поперечном профиле улицы и прилигающей территории застройки, рис. 2. Акустический центр транспортных потков располагается по оси ближней к расчетной точке полосы движения транспорта на высоте 1 м от уровня поверхности проезжей части улицы; r0 = 7,5 м – кратчайшее расстояние между базисной точкой, в которой определяется шумовая характеристика транспортного потока, и акустическим центром источника шума. Формула для определения расстояния

Рис. 2. Поперечный профиль магистрали и прилегающей территории

Р.Т.

Hиш hhn

И.Ш

отражающ. пл-ть

Sn

 (5)

где Sn – длина проекции расстояния rn отражающую плоскость, м, рис.2; hрт – высота расчетной точки над отражающей плоскостью, м; hиш – высота акустического центра источника шума над отражающей плоскостью, м.

3.2.2. Снижение уровня звука вследствие ограничения угла видимости улицы из расчетной точки ΔLАвид, дБА, следует определять по формуле

 (6)

где α - угол видимости экранированного или неэкранированного участка магистрали из расчетной точки, град., рис. 1. Углы α1, α3, α4, α6 соответствуют неэкранированным участкам улиц, а углы α2 и α5 соответствуют экранированным зданиям участкам улиц.

3.2.3. Снижение уровня звука вследствие влияния акустически мягкого покрытия территории (рыхлый грунт, трава и др.) ΔLАпок следует определять по формуле

 (7)

где

 (8)

Здесь величины Sn, hиш, hрт те же, что в формуле (5).

Формула (7) действительна при σ > 1; при σ ≤ 1 ΔLАпок = 0.

3.2.4. Снижение уровня звука вследствие поглощения звука в воздухе ΔLАвоз, дБА, следует определять по формуле

 (9)

где rn – та же величина, что в формуле (4).

3.2.5. Снижение уровня звука обычными многорядными полосами зеленых насаждений ΔLАзел, дБА, следует определять по формуле

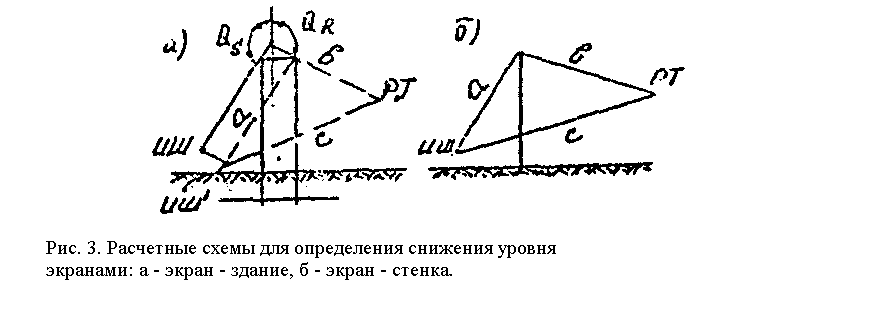
ΔLАзел = 0,08. В (10)

где В – ширина полосы зеленых насаждений, м.

3.2.6. Снижение уровня звука экранирующими сооружениями ΔLАэкр, дБА, зависит от конструкции их (стены, здания, насыпи, выемки и др.).

В практической работе предусмотрено снижение уровня шума в жилом микрорайоне экраном – зданием, методика определения которого и будет рассматриваться ниже.

Для определения снижения уровня звука экраном – зданием необходимо вычертить в масштабе план расположения источника шума, экран здания и расчетной точки в соответствии со схемой на рис. 3.



Снижение уровня звука экраном – зданием ΔLАэкр.зд., дБА, следует оперделять по формуле

ΔLАэкр.зд = ΔLАэкр.ст + ΔLАт  (11)

где ΔLАэкр.ст – снижение уровня звука экраном – стенкой, дБА, рис. 3.

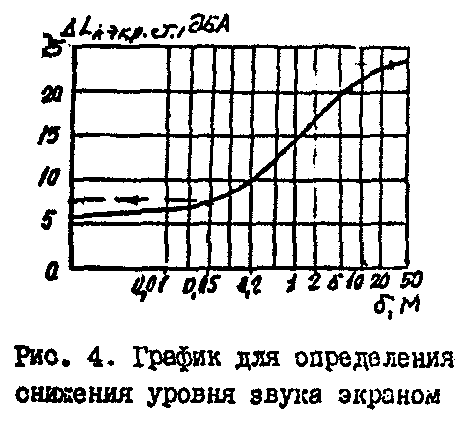
В экране – здании такой экран – стенкой является стена здания в плоскости дворого фасада этого здания; ΔLАт – дополнительное снижение уровня звука экраном – зданием, дБА, в зависимости от толщины здания ω, м.

При расчете величины ΔLАэкр.ст, дБА, источником шума является мнимый источник шума ИШ, рис. 3а. Для нахождения акустического центра мнимого источника шума из вершины экрана стенки в плоскости дворого фасада следует провести линию, параллельную линии, соединяющей действительный источник шума с вершиной экрана – стенки в плоскости уличного фасада. Из акустического центра действительного источника шума ИШ следует провести линию, параллельную линии, соединяющей расчетную точку с вершиной экрана – стенки в плоскости дворого фасада. Точка пересечения проведенных линий будет являться акустическим центром мнимого источника шума.

Снижение уровня звука экраном – стенкой ΔLАэкр.ст, дБА, определяется по графику на рис. 4 в зависимости от разности длин путей звукого луча δ, м, величина которой находится по формуле

δ = (а + в) – с

где а – кратчайшее расстояние, м, между акустически центром источника шума и верхней кромкой экрана – стенки; в – кратчайшее расстояние, м, между расчетной точкой и верхней кромкой экрана – стенки; с – кратчайшее расстояние, м, между акустическим центром источника шума и расчетной точкой, рис. 3.

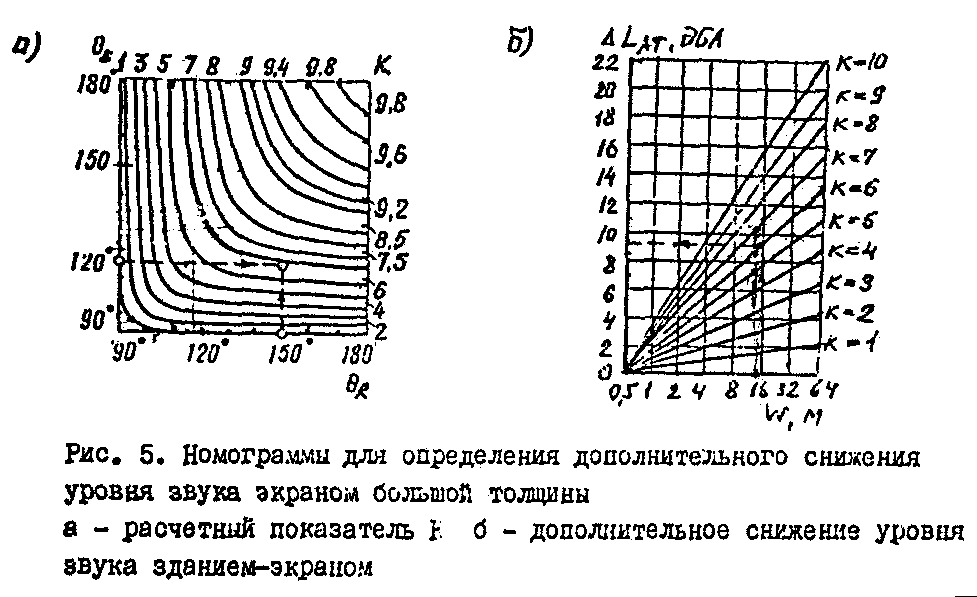


ΔLАт, дБА, определяется в следующем опрядке:

определяют углы QR и QS в градусах в соответствии со схемой здания рис. 3, вычерченной в масштабе;

определяют расчетный показатель К по номограмме, рис. 5, в зависимости от углов QR и QS. Так, например, при QS = 1150 и QR = 1500 К=6,4;

определяют дополнительное снижение уровня звука экраном – зданием, ΔLАт, дБА, по номограмме, рис. 5, в зависимости от толщины здания ω, м, и расчетного показателя К.



3.3. Расчет ожидаемых уровней звука от транспорта в помещениях.

Уровень звука в расчетной точке помещения LАпом, дБА, определяется по формуле

LАпом = LАтер2 - ΔLАок (12)

где LАтер2 – уровень звука, дБА, на расстоянии 2 м от ограждающих конструкций защищаемого помещения, причем ориентировочно можно принять LАтер2 = LАтер + 3; ΔLАок – снижение уровня звука окном, дБА, в расчетах ΔLАок следует принять равным 15 –18 дБА.

3.4. Оценка уровней звука на территории микрорайона и в помещении.

Оценка уровней звука на улицах города, территории внутри микрорайонов и в помещениях осуществляется путем сравнения полученных расчетом уровней звука с допустимыми по нормам.

Допустимые уровни шума для жилых и общественных зданий и их территорий следует принимать по ГОСТ 12.1.036 – 87 “Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях.” и СНиП П-12-77 “Защита от шума”.

В соответствии с этими нормами эквивалентный уровень звука на транспортных магистралях не должен превышать 65 дБА, в помещениях – 40 дБА, на площадках внутри микрорайонов и групп жилых домов – 45 дБА.

Требуемое снижение уровней звука LАтер, дБА, в расчетных точках следует определять по формуле

ΔLАтр = LАрасч – LАдоп (13)

где LАрасч – полученные расчетным путем уровни звука на магистрали, территории микрорайона или в помещении, дБА; LАдоп -–допустимые уровни звука для этих объектов, дБА.

4. Задание для расчета

30

80 м 20 м 90 м

В 80

Рис. 6. Схема микрорайона

Задание. Источником шума на территории жилого микрорайона является транспортный поток на магистральной улице. Количественный состав транспортного потока задан в табл. 2 по вариантам заданий.

Вдоль магистральной улицы на расстоянии А, м, от оси первой полосы движения транспортного потока расположены два многоэтажных жилых дома высотой 40 м, шириной 15 м. Вся территория покрыта травой за исключением проездов к домам и тротуара шириной соответственно 4 м и 3 м, покрытые асфальтом.

Расчетная точка – РТ расположена на равноьторгн76м расстоянии от углов зданий и на расстоянии В м от них, рис. 6, на высоте 1,5 м от уровня поверхности площадки. Акустический центр источника шума расположен на высоте 1 м от поверхности площадки, на оси первой плосы движения транспорта.

Определить требуемое снижение уровня звука на площадке микрорайона. Подобрать средства защиты от шума и рассчитать их

1. Порядок расчета
2. Расчет эквивалентного уровня звука от транспортного потока на магистрали города проводится в соответствии с формулой (1) на основании данных приведенных в табл. 2.
3. Расчет ожидаемых уровней звука от транспорта в расчетной точке на территории микрорайона проводится в соответствии с формулами (2) и (3) в следующей последовательности:

в выбранном масштабе вычерчивается схема застройки по данным вариантов из табл. 2 аналогичной рис. 6, наносится расчетная точка РТ;

территория застройки разбивается на отдельные экранированные и неэкранированные участки. Для этого из расчетной точки проводятся лучи через края зданий: крайние участки ограничиваются лучами, параллельными магистрали;

по формулам (4) – (10) определяем снижение уровня звука на территории микрорайона за счет расстояния, угла видимости, покрытия поверхности, вследствие ограничения угла видимости. Для определения снижения уровня звука за счет зданий вычерчивается в масштабе схема поперечного профиля улицы; определяются графически расстояния а, в, с и проводится расчет в соответствии с формулой (11);

По каждому участку определяются уровни звука в соответствии с формулой (3) и находится суммарный уровень звука в расчетной точке по формуле (2).

1. Расчет ожидаемых уровней звука в помещении определяется по формуле (12).
2. Оценка уровней звука на территории микрорайона, в помещении, на магистрали проводится в соответствии с формулой (13).
3. Подбор и расчет средств защиты от шума. В качестве средств защиты от шума в практической работе могут быть предусмотрены зеленые насаждения и здания – экраны, предусмотренные на крайних участках площадки, расположенные перпендикулярно магистрали и предназначенные для предприятий торговли, общественного питания и т. д.

Ширину зеленых насаждений следует определять по формуле (10), снижение уровня звука за счет дополнительного устройства специальных зданий – экранов – по формуле (11).

1. Оформление отчета

Отчет должен содержать название работы, цель ее, схему площадки микрорайона и поперечного профиля улицы, исходные данные для расчетов. Результаты расчетов должны быть сведены в таблицу по форме 1.

Форма 1.

Результаты расчетов уровней звука.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Уровень звука или снижение уровня звука, дБА | Номер участков | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Аэкв  Арас  Авид  Апок  Авоз  Аэкр  А  Атер  Апом  треб. потока  треб. помещ.  треб. террит  и т. д. |  |  |  |  |  |

Задание выполняется по вариантам табл. 2, которые уточняются и согласовываются с преподавателем.

Таблица 2

Варианты расчетных зданий

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Состав транспортного потока, ед | | | | | | | | |
| Легк автом | груз автом | автоб | тролл | трамв | тракт | мото-цикл | А, м | В, м |
| 1 | 1350 | 280 | 120 | 75 | 50 | 20 | 16 | 30 | 80 |
| 2 | 1240 | 270 | 65 | 60 | 70 | 1 | 28 | 26 | 90 |
| 3 | 1050 | 180 | 75 | 55 | 42 | 18 | 14 | 25 | 83 |
| 4 | 1120 | 160 | 68 | 52 | 54 | 25 | 18 | 28 | 76 |
| 5 | 1440 | 270 | 55 | 67 | 49 | 17 | 15 | 35 | 89 |
| 6 | 1480 | 190 | 105 | 68 | 38 | 12 | 10 | 40 | 75 |
| 7 | 1270 | 110 | 120 | 72 | 44 | 0 | 12 | 42 | 74 |
| 8 | 1320 | 305 | 110 | 68 | 33 | 21 | 16 | 45 | 73 |
| 9 | 980 | 460 | 130 | 45 | 20 | 8 | 32 | 48 | 73 |
| 10 | 1120 | 350 | 105 | 72 | 64 | 1 | 8 | 50 | 63 |
| 11 | 1060 | 410 | 80 | 67 | 58 | 14 | 13 | 54 | 69 |
| 12 | 1040 | 380 | 90 | 78 | 63 | 1 | 17 | 56 | 55 |
| 13 | 890 | 510 | 90 | 65 | 42 | 0 | 6 | 44 | 76 |
| 14 | 920 | 470 | 85 | 76 | 48 | 13 | 12 | 38 | 84 |
| 15 | 1030 | 370 | 95 | 58 | 48 | 15 | 10 | 58 | 65 |
| 16 | 1420 | 310 | 105 | 66 | 46 | 20 | 17 | 65 | 62 |
| 17 | 1290 | 250 | 115 | 36 | 42 | 17 | 9 | 54 | 69 |
| 18 | 860 | 420 | 96 | 44 | 33 | 12 | 14 | 38 | 74 |
| 19 | 970 | 365 | 106 | 39 | 46 | 21 | 16 | 42 | 78 |
| 20 | 870 | 290 | 130 | 46 | 55 | 16 | 9 | 48 | 85 |
| 21 | 1140 | 310 | 168 | 54 | 49 | 10 | 9 | 54 | 75 |
| 22 | 1290 | 260 | 185 | 62 | 56 | 13 | 13 | 64 | 69 |
| 23 | 1210 | 370 | 210 | 73 | 62 | 14 | 11 | 70 | 48 |
| 24 | 660 | 730 | 165 | 44 | 35 | 28 | 18 | 68 | 40 |
| 25 | 980 | 450 | 210 | 35 | 48 | 18 | 12 | 55 | 64 |

### ПРАКТИЧЕСКАЯ работа № 6

Оценка уровней шума в помещениях.

Расчет средств защиты от шума.

*Цель работы:* выработать знания у студентов по оценке шумового режима в помещениях, выбору и расчету средств защиту от шума

1. Основные теоретические сведения

Уровни шума в помещениях обусловлены акустическими характеристиками источников шума, их количеством и размещением, акустическими свойствами помещений.

Основными характеристиками, используемыми в практике борьбы с шумами, являются:

для источников шума – уровни звуковой мощности, LP, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.



где Р – звуковая мощность источника, Вт; Р0 – пороговая звуковая мощность, равная 10-12 Вт;

для расчетных точек – уровни звукового давления, LP, дБ, на тех же среднегеометрических частотах



где p – звуковое давление на рабочем месте, Па; p0 – пороговая звуковая мощность, равная 2.10-5 ,Па.

Оценка звукового режима помещения проводится на основе расчетов ожидаемых уровней звукового давления в расчетных точках и сравнения их с допустимыми по нормам значениям. В качестве мер по снижению шума в помещениях могут быть предусмотрены акустические средства, включающие звукопоглощающие облицовки ограждающих конструкций зданий, звукоизолирующие конструкции (звукоизолирующие ограждения, звукоизолирующие кожухи, кабины и др.)

В настоящей работе студентам предлагается выполнить акустический расчет:

ожидаемых уровней звукового давления в расчетной точке помещения;

звукоизолирующего ограждения, звукопоглощающей облицовки.

1. Задание к работе

*Дано*. В рабочем помещении длиной А м, шириной В м, и высотой Н м размещены источники шума – ИШ1, ИШ2,..., ИШn с уровнями звуковой мощности L1, L2,..., Ln (рис. 1). Источник шума ИШ1 с заключен в кожух. В конце цеха находится помещение вспомогательных служб, которое отделено от основного цеха перегородкой с дверью площадью Sдв=2,5 м2. Расчетная точка находится на расстоянии ri от источников шума.

*C A*

Рис. 1. Схема расположения оборудования – ИШ на участке и расчетной точки - РТ.

Вспомогательное помещение

ИШ1

РТ

ИШ3

ИШ2

ИШ4

r3

r2

r4

***B***

ИШn

rn

r1

*РАССЧИТАТЬ:*

1. Уровни звукового давления в расчетной точке – РТ, сравнить с допустимыми по нормам, определить требуемое снижение шума на рабочих местах. Расчеты проводить в соответствии с п. 4.1.
2. Звукоизолирующую способность перегородки и двери в ней, подобрать материал для перегородки и двери. Расчеты производить с соответствии с п. 4.2.
3. Звукоизолирующую способность кожуха для источника ИШ1. Источник шума установлен на полу, размеры его в а плане – (a x b) м, высота – h м. Подобрать материал для кожуха. Расчеты проводить в соответствии с п. 4.3.
4. Снижение шума при установке на участке цеха звукопоглощающей облицовки. Расчеты проводить в соответствии с п. 4.4.

Акустические расчеты проводятся в восьми октавных полосах на среднегеометрических частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Однако, в связи с повторяемостью и трудоемкостью, расчеты в практической работе студенты проводят не по всем частотам, а по указанию преподавателя (3 – 4 частоты).

1. Методика расчетов

*3.1. Расчет ожидаемых уровней звукового давления в расчетной точке и требуемого снижения уровней шума.*

Если в помещении находится несколько источников шума с разными уровнями излучаемой звуковой мощности, то уровни звукового давления для среднегеометрических частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц в расчетной точке следует определять по формуле



Здесь:

L – ожидаемые октавные уровни звукового давления в расчетной точке, дБ;

χ - эмпирический поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения расстояния r от расчетной точки до акустического центра к максимальному габаритному размеру источника lмакс, рис. 2. Акустическим центром источника шума, расположенного на полу, является проекция его геометрического центра на горизонтальную плоскость;

Δi – 100,1LPi – определяется по табл. 1;

LРi – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

Φ – фактор направленности; для источников с равномерным излучением принимается Φ=1;

S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку. В расчетах принять S=2πr2, где r – расстояние от расчетной точки до источника шума;

Ψ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый по графику (рис. 3) в зависимости от отношения постоянной помещения B к площади ограждающих поверхностей помещения Sогр. (Sогр=Sпола+Sстен +Sпотолка);

B – постоянная помещения в октавных полосах частот, определяемая по формуле B=B1000 μ, где B1000 – постоянная помещения на частоте 1000 Гц, м2, определяемая в зависимости от объема и типа помещения на частоте 1000 Гц (табл.2); μ – частотный множитель, определяемый по табл.3.;

m- количество источников шума, ближайших к расчетной точке, для которых ri < 5rмин , где rмин – расстояние от расчетной точки до акустического центра ближайшего к ней источника шума, м;

n – общее количество источников шума в помещении с учетом коэффициента одновременности их работы.

**Рис . 3. График для**

**определения**

**коэффициента ψ**

**Рис. 2. График для**

**определения**

**коэффициента χ**

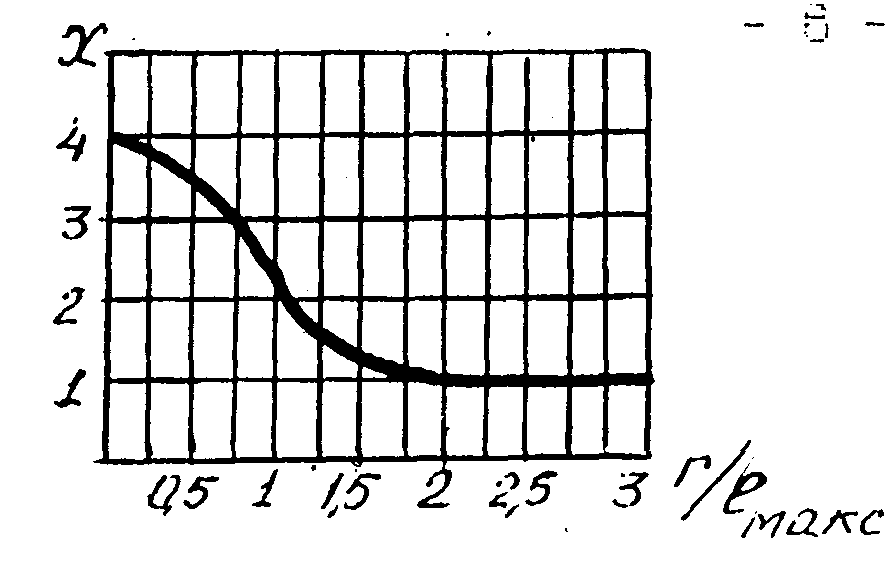
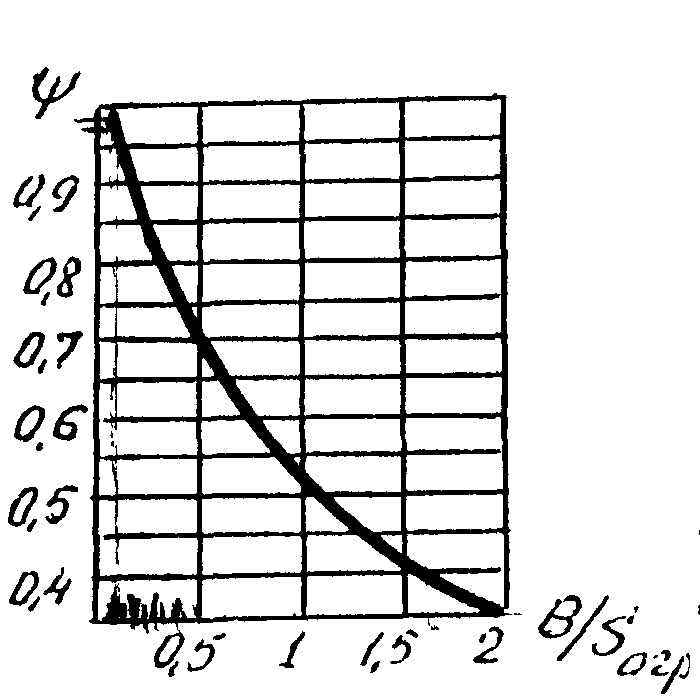


Таблица 1

Определение величины Δi=100,1Lpi

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Де-сят-ки | Единицы | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 3  4  5  6  7  8  9  10  11  12 | 1.103  1.104  1.105  1.106  1.107  1.108  1.109  1.1010  1.1011  1.1012 | 1,3.103  1,3.104  1,3.105  1,3.106  1,3.107  1,3.108  1,3.109  1,3.1010  1,3.1011  1,3.1012 | 1,6.103  1,6.104  1,6.105  1,6.106  1,6.107  1,6.108  1,6.109  1,6.1010  1,6.1011  1,6.1012 | 2.103  2.104  2.105  2.106  2.107  2.108  2.109  2.1010  2.1011  2.1012 | 2,5.103  2,5.104  2,5.105  2,5.106  2,5.107  2,5.108  2,5.109  2,5.1010  2,5.1011  2,5.1012 | 3,2.103  3,2.104  3,2.105  3,2.106  3,2.107  3,2.108  3,2.109  3,2.1010  3,2.1011  3,2.1012 | 4.103  4.104  4.105  4.106  4.107  4.108  4.109  4.1010  4.1011  4.1012 | 5.103  5.104  5.105  5.106  5.107  5.108  5.109  5.1010  5.1011  5.1012 | 6,3.103  6,3.104  6,3.105  6,3.106  6,3.107  6,3.108  6,3.109  6,3.1010  6,3.1011  6,3.1012 | 8.103  8.104  8.105  8.106  8.107  8.108  8.109  8.1010  8.1011  8.1012 |

Примечание: при пользовании таблицей величину LPi следует округлять до целых децибел

Пример. Найти величину Δi для Li=89,5 дБ.

Решение: в столбце «Десятки» находим число 8, в строке «Единицы» находим число 9. Искомая величина Δi=8.108

Таблица 2

Значение постоянной помещения B1000

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика помещения | B1000, м2 |
| С небольшим числом людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т.п.).  С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т.п.).  С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управления, залы конструкторских бюро, аудитории и т.п.)  ПРИМЕЧАНИЕ. V – объем помещения |  |

#### Таблица 3

#### Значение коэффициента μ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Объем помещения, м3 | Значение μ на среднегеометрических частотах октавных полос | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| V < 200  V = 200 – 1000  V > 1000 | 0,8  0,65  0,5 | 0,75  0,62  0,5 | 0,8  0,64  0,55 | 0,8  0,75  0,7 | 1,0  1,0  1,0 | 1,4  1,5  1,6 | 1,8  2,4  3,0 | 2,5  4,2  6,0 |

Требуемое снижение уровней звукового давления в расчетной точке для восьми октавных полос следует определять по формуле



где:

ΔLтреб – требуемое снижение уровней звукового давления, дБ;

Lрасч – полученные расчетом октавные уровни звукового давления, дБ;

Lдоп – допустимые по нормам октавные уровни звукового давления, дБ.

Допустимые уровни шума на рабочих местах принимаются в соответствии с ГОСТ 12.1.003.-83. «Шум. Общие требования безопасности.» (табл. 4).

## Таблица 4

## Допустимые уровни шума на рабочих местах

(ГОСТ 12.1.003-83)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид трудовой деятельности | Условия звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Предприятия, учреждения и организации | | | | | | | | |
| 1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 |
| 2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно – управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории. | 79 | 70 | 63 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 |
| 3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа. | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 |
| 4. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. | 91 | 83 | 77 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 |
| 5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производстве и на территории предприятия. | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 |

3.2. Расчет звукоизолирующих ограждений, перегородок.

Звукоизолирующие ограждения, перегородки применяются для отдаления «тихих» помещений от смежных «шумных» помещений; выполняются из плотных, прочих материалов. В них возможно устройство дверей, окон. Подбор материала конструкций производится по требуемой звукоизолирующей способности Rтреб, дБ, величина которой определяется по формуле



где:

– суммарный октавный уровень звуковой мощности излучаемой всеми источниками и определяемый с помощью табл. 1;

Lдоп – допустимый октавный уровень звукового давления в изолируемой от шума помещении, дБ, табл. 4;

Bи – постоянная изолируемого помещения, м2;

m – количество элементов в ограждении (сплошная перегородка – m=1, перегородка с окном или дверью – m=3).

Если звукоизолирующее ограждение включает окно, дверь, то требуемая звукоизолирующая способность Rтреб рассчитывается для каждого элемента. Материал конструкций выбирается по табл. 5 и 6.

Таблица 5

#### Звукоизолирующая способность стен, перегородок, дБ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал конструкции | Толщина | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Кирпичная кладка с двух сторон | 1 кирпич  2 кирпича | 36  45 | 41  45 | 44  52 | 51  59 | 58  65 | 64  70 | 65  70 | 65  70 |
| Железобетонная стена | 50 мм  100 мм  200 мм | 28  34  40 | 34  40  42 | 35  40  44 | 35  44  51 | 41  50  59 | 48  55  65 | 55  60  55 | 55  60  55 |
| Гипсобетонная плита | 80 мм | - | 28 | 33 | 37 | 36 | 44 | 44 | 42 |
| Керамзитобетонная плита | 80 мм | - | 33 | 34 | 39 | 47 | 52 | 54 | - |
| Шлакобетонная панель | 250 мм | - | 30 | 45 | 52 | 56 | 64 | 64 | - |
| Древ. стружечная плита | 20 мм | - | 23 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 23 |
| Фанера | 3 мм  5 мм  10 мм | 7  9  13 | 11  13  17 | 14  17  21 | 19  21  25 | 23  25  28 | 26  28  25 | 27  26  29 | 26  29  23 |
| Стеклопластик | 3 мм  5 мм  10 мм | 9  12  17 | 13  16  21 | 17  20  25 | 21  24  28 | 25  28  31 | 29  31  31 | 31  31  34 | 32  34  38 |
| Стальн. панели с ребрами жесткости | 1 мм  3 мм  5 мм  10 мм | 13  19  22  26 | 17  23  26  30 | 21  27  30  34 | 25  31  34  36 | 28  35  37  32 | 32  37  32  36 | 35  30  36  42 | 35  39  42  46 |

Таблица 6

#### Звукоизолирующая способность окон и дверей, дБ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент конструкции | Условия прилегания по периметру | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Окно с силикатным стеклом толщиной 3 мм  6 мм | Без уплотняющих прокладок | 8  12 | 12  18 | 16  18 | 18  20 | 20  23 | 22  25 | 20  25 | 20  25 |
| Оконный блок с двойным переплетом, толщина стекла 3 мм, воздушный зазор 170 мм | Без уплотняющих прокладок  С уплотняющими прокладками из резины | 22  27 | 27  33 | 26  33 | 28  36 | 30  38 | 28  38 | 27  38 | 27  38 |
| Двойное остекленение со стеклами толщиной 4мм и 7мм и воздушным зазором:  200 мм  300 мм | То же | -  - | 27  32 | 36  39 | 42  43 | 47  47 | 49  51 | 55  55 | 55  55 |
| Обыкновенная филенчатая дверь | Без уплотняющих прокладок  С уплотняющими прокладками | 7  12 | 12  18 | 14  19 | 16  23 | 22  30 | 22  33 | 20  32 | 20  32 |
| Глухая щитовая дверь толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм | Без уплотняющих прокладок  С уплотняющими прокладками | 17  12 | 22  27 | 23  27 | 24  32 | 24  35 | 24  34 | 23  35 | 23  35 |

*3.3. Звукоизолирующие кожухи*

Применяются для снижения уровней звуковой мощности отдельных, наиболее шумных источников. Кожухи полностью закрывают источник шума, изготавливаются из листовых материалов (сталь, дюралюминий и др.). Внутренние поверхности стенок кожуха обычно облицовывают звукопоглощающим материалом. Требуемая звукоизолирующая способность стенок кожуха определяется по формулам:

для необлицованных кожухов



для кожухов со звукопоглощающей облицовкой внутренних поверхностей



где:

Lдоп – допустимые октавные уровни звукового давления, дБ;

αобл – коэффициент звукопоглощения облицовочного материала;

Остальные обозначения такие же, как в формуле (1).

Выбор материала кожуха следует производить от Rтреб по справочникам или табл. 7.

* 1. *Звукопоглощающие облицовки.*

Применяются для снижения интенсивности отраженных звуковых волн. Звукопоглощающие облицовки размещают на потолке и в верхних частях стен помещения. Для достижения максимально возможного поглощения звука рекомендуется облицовывать не менее 60% общей площади ограничивающих помещение поверхностей.

Выбор звукопоглощающей облицовки (материал, конструкция, коэффициент звукопоглощения и т.д.) следует производить по данным табл. 8 в зависимости от требуемого снижения шума ΔLтреб. При этом реверберационный коэффициент звукопоглощения облицовки αобл должен иметь максимальные значения в тех октавных полосах частотного диапазона, где наблюдается наибольшее превышение ожидаемых уровней звукового давления над допустимыми значениями.

Таблица 7

Звукоизолирующая способность кожуха со стенками плоской формы, дБ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Конструкция | Толщина листа, мм | Размер листа, мм | Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Стальной лист, покрытие из вибродемпфирующей мастики ВД – 17 – 58 толщиной 4 мм | 0,7 | 2х2 | 20 | 24 | 28 | 33 | 37 | 39 | 42 | 45 |
| Стальной лист, покрытие из минераловатных плит толщиной: 70 мм | 1,5 | 1х1 | - | 20 | 26 | 35 | 39 | 40 | 46 | 48 |
| Дюралюминиевый диск, покрытие из минераловатных плит толщиной: 80 мм  70 мм | 2  3 | 2х2  2х2 | 20  - | 15  20 | 20  25 | 28  38 | 36  45 | 43  51 | 50  51 | 53  57 |
| Стальной лист | 1,2 – 2  3 – 4 | 2х2  1х1  0,5х0,5  4х2  2х1  3х3  2х2  3х1,5  2х1 | 26  21  18  27  22  23  28  27  23 | 23  29  25  25  30  28  25  33  32 | 28  25  31  30  28  33  30  31  29 | 33  30  29  35  33  27  35  36  35 | 38  35  33  40  37  42  41  41  41 | 44  41  37  46  42  45  44  44  43 | 48  44  40  48  44  33  33  34  34 | 30  30  30  31  31  42  42  43  43 |
| Сплав | 1,5х2 | 2х2  1х1  2х1 | 18  15  13 | 15  21  21 | 20  17  19 | 25  27  24 | 30  27  29 | 35  32  32 | 38  35  33 | 23  22  20 |

Таблица 8

#### Акустические характеристики звукопоглощающих материалов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщина звукопоглощающего материала, мм | | Воздушный зазор, мм | | Реверберационный коэффициент звукопоглощения на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | | 125 | | 250 | | 500 | | 1000 | | 2000 | | 4000 | | 8000 |
| Плиты ПА/О минераловатные акустические, размер 500х500 мм | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20  20 | | 0  50 | | 0,02  0,02 | | 0,03  0,03 | | 0,17  0,42 | | 0,68  0,93 | | 0,98  0,90 | | 0,86  0,79 | | 0,45  0,45 | | 0,20  0,20 |
| Плиты «Акмигран» минераловатные размером 300х300 мм | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20  20 | | 0  50 | | 0,01  0,03 | | 0,04  0,25 | | 0,30  0,66 | | 0,59  0,91 | | 1  0,93 | | 0,93  1 | | 0,81  0,90 | | 0,70  0,80 |
| Маты из супертонкого волокна | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | 0 | | 0,1 | | 0,4 | | 0,85 | | 0,98 | | 1 | | 0,93 | | 0,97 | | 1 |
| Супертонкое волокно с оболочкой из стеклоткани и покрытием из гипсовой плиты толщиной 7 мм с перфорацией | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | 0 | | 0,9 | | 0,66 | | 1 | | 1 | | 1 | | 0,96 | | 0,7 | | 0,5 |
| Отходы капронового волокна, сетка из стеклоткани марки СЭ, покрытие из перфорированного металлического листа | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | 0 | | 0,02 | | 0,15 | | 0,46 | | 0,82 | | 0,92 | | 0,83 | | 0,93 | | 0,93 |
| Плиты «Силакпор» размерами 450х450 мм | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | | 0 | | 0,10 | | 0,25 | | 0,45 | | 0,60 | | 0,70 | | 0,80 | | 0,90 | | 0,95 |
| «Винипор» полужесткий | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | 0 | | - | | - | | 0,07 | | 0,12 | | 0,19 | | 0,45 | | 0,89 | | 0,89 |
| Теплоизоляционный материал | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | 0  50 | | 0,10  0,11 | | 0,12  0,16 | | 0,21  0,40 | | 0,44  0,83 | | 0,77  0,94 | | 0,90  0,82 | | 0,92  0,92 | | 0,90  0,80 |
| Плиты ПП – 80, ППМ, ПММ звукопоглощающие полужесткие | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30  50 | 0  50  0  50 | | -  -  -  - | | 0.08  0,21  0,14  0,20 | | 0,30  0,40  0,52  0,61 | | 0,64  0,72  0,92  0,90 | | 0,89  0,98  0,99  0,94 | | 0,95  0,79  0,42  0,92 | | 0,83  0,75  0,82  0,78 | | 0,73  0,75  0,78  0,76 | |

Величина возможного максимального снижения уровней звукового давления в расчетной точке при применении выбранных звукопоглощающих конструкций определяется по формуле



где:

B – постоянная помещения до установки в нем звукопоглощающей облицовки, м2; определяется так же, как в формуле (1);

B1 – постоянная помещения после установки в нем звукопоглощающих конструкций, м2; определение ее рассматривается ниже;

Ψ и Ψ1 – коэффициенты, определяемые по графику на рис. 3, соответственно до и после установки звукопоглощающих конструкций.

Постоянную помещения B1 следует определять по формуле



где:

 – эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностей не занятых звукопоглощающей облицовкой, м2;

α – средний коэффициент звукопоглощения помещения до установки звукопоглощающей облицовки; определяется по формуле

; где Sогр – общая площадь ограждающих поверхностей помещения, м2;

Sобл – площадь звукопоглощающих облицовок, м2;

ΔA – величина добавочного звукопоглощения, вносимого конструкцией звукопоглощающей облицовки, м2; определяется по формуле

, где αобл – реверберационный коэффициент звукопоглощения выбранной конструкции облицовки в октавной полосе частот; определяемый по табл. 8.

α1 – средний коэффициент звукопоглощения помещения со звукопоглощающими конструкциями, определяемый по формуле



Выбранная звукопоглощающая облицовка будет обеспечивать необходимое снижение уровня шума в октавных полосах частот в том случае, если в результате расчетов получено .

4. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать наименование работы, ее цель, исходные данные, расчеты, выводы по результатам расчетов. Результаты расчетов свести в таблицу 9.

5. Исходные данные для расчета

Работа выполняется по вариантам, которые согласовываются с преподавателем.

Уровни звуковой мощности источников шума выбирают по табл. 11 в соответствии с порядковыми номерами, указанными в табл. 10 по вариантам.

#### Исходные данные и результаты расчетов по варианту\_\_\_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Величина | Ссылка на рис., табл., формулу | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | |
| 63 124 250 500 1000 2000 4000 8000 | |
| Расчет ожидаемых уровней звукового давления | | |
| 1. L1 2. L2 3. L3 4. L4 5. L5 6. L 7. Lдоп 8. ΔLтреб | табл. №11  табл. №11  табл. №11  табл. №11  табл. №11  (1)  табл. №4  (2) |  |
| Расчет звукоизолирующей перегородки с дверью | | |
| 1. Lсум 2. Lдоп 3. Rперег 4. Rдвери   и т. д. | (3)  табл. №4  (3)  (3) |  |

Таблица 10

#### Варианты заданий уровней звуковой мощности источников шума.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер источников шума из табл. 11 | Вариант | Номер источников шума из табл. 11 |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13 | 27\*, 1, 2, 3, 4  28\*, 5, 6, 7, 8  26\*, 9, 10, 11, 12  30\*, 13, 14, 15, 23  31\*, 17, 18, 19, 24  25\*, 16, 20, 21, 25  33\*, 1, 5, 9, 13  32\*, 2, 6, 17, 21  27\*, 10,14, 18,22  24\*, 3, 7, 11, 15  25\*, 4, 8, 19, 23  26\*, 12, 16, 20, 24  29\*, 5, 7, 14, 19 | 14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25 | 24\*, 4, 8, 12, 16  31\*, 20, 23, 19  32\*, 3, 7, 11, 23  25\*, 2, 6, 10, 14  30\*, 9, 13, 17,21  32\*, 4, 7, 12, 15  33\*, 3, 6,11, 14  27\*, 2, 5, 10, 13  28\*, 13, 15, 18, 20  29\*, 1, 6, 11, 16  30\*, 4, 7, 10, 12  33\*, 8, 11, 13, 14 |
| \* – уровни звуковой мощности для источника шума ИШ1 | | | |

Таблица 11

Уровни звуковой мощности оборудования LPi, дБ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № по  порядку | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  30  31  32  33 | 89  96  94  91  93  81  85  98  88  86  87  87  94  93  89  89  87  89  91  89  87  90  89  93  109  112  103  98  95  100  102  107  103 | 90  94  96  90  92  84  86  96  91  85  91  85  95  89  96  94  84  86  87  92  91  92  90  112  110  103  114  110  98  98  105  103  114 | 87  95  96  95  90  92  92  94  93  92  94  91  97  92  100  99  95  82  87  95  93  96  95  99  109  108  115  103  104  100  113  112  115 | 92  98  97  95  90  93  97  99  97  96  97  94  92  90  99  97  94  82  84  98  100  98  100  105  112  116  117  100  108  106  118  104  120 | 91  90  92  96  86  92  94  96  98  85  87  86  96  94  95  91  86  84  88  91  98  102  101  122  120  118  112  102  110  110  112  107  114 | 87  89  89  97  82  87  83  94  89  82  82  79  87  92  91  88  87  86  88  90  89  102  101  106  121  123  107  98  109  97  99  106  112 | 82  87  89  98  78  79  92  86  85  80  78  78  89  87  86  87  78  89  90  89  86  98  95  110  108  112  101  102  103  98  102  103  98 | 80  85  87  91  76  75  96  84  86  84  75  74  92  85  82  84  76  90  92  85  82  94  93  114  85  95  98  97  100  92  96  94  89 |

#### Таблица 12

Габаритные размеры участка цеха, кабины, источника шума ИШ1, размещение оборудования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | A, м | B, м | C, м | H, м | r1, м | r2, м | r3, м | r4, м | r5, м | lмакс, м | a,  м | b, м | c, м | AK, м | BK, м | HK, м |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24  25 | 30  30  30  32  32  35  35  28  26  28  26  34  36  36  28  28  34  34  29  32  45  35  29  31  32 | 20  15  12  16  18  20  18  15  15  16  18  20  15  18  17  20  18]  22  17  19  22  24  16  17  18 | 7  6  5  7  6  8  7  6  7  6  7  8  9  9  6  7  9  8  7  6  7  9  5  7  6 | 8  8  7  7  7  9  8  8  6  7  8  9  9  8  7  8  10  9  8  9  9  9  8  9  7 | 6  6  6  6,5  7  7,5  8  6  5  6,5  7  7  8  7  6  7  8  9  6  7,5  7  8  6  7  6 | 9  8  7  9  10  11  10  8  7  7,5  8  9  11  10  9  8  10  11  8  12  8  9  8  9  8 | 6,5  6  5  7  7,5  8  9  7  6  7  6  8  8,5  8  7  9  9  10  7  8  9  10  6,5  7,5  7 | 8  7  6  8  9  9,5  9  8  7,5  8  9  9,5  10  11  8  7  11  9  8,5  9  10  9  7  8  9 | 13  12  10  14  13  14  13  12  10  11  12  10  14  15  12  10  14  15  13  12  13  14  12  11  12 | 1,5  1,2  1,2  1,5  1,4  1,5  1,5  1,1  1,0  1,2  1,1  1,2  1,5  1,2  1,3  1,1  1,3  1,4  1,2  1,3  1,4  1,5  1,3  1,2  1,1 | 1,5  1,6  1,4  1,3  1,2  1,7  1,3  1,6  1,5  1,6  1,2  1,8  1,7  1,6  1,2  1,5  1,6  1,4  1,3  1,2  1,6  1,7  1,2  1,3  1,5 | 1,5  1,8  1,7  1,9  1,0  1,4  1,2  1,3  1,8  1,4  1,5  1,6  1,4  1,8  1,9  1,6  1,7  1,5  1,8  1,7  1,3  1,4  1,2  1,4  1,6 | 2  1,5  1,2  1,1  1,3  1,4  1,5  1,5  1,2  1,5  1,1  1,2  1,6  1,5  1,1  1,2  1,3  1,6  1,2  1,5  1,6  1,4  1,7  1,8  1,3 | 4  3  4  3  4  3  3  4  3  4  3  4  3  5  6  4  3  5  3  4  4  4  5  5  6 | 3  5  4  6  5  4  5  4  6  5  4  6  6  3  4  6  5  3  4  4  5  6  3  6  3 | 2,5  2,6  2,7  2,8  2,9  3,0  2,5  2,6  2,7  2,8  2,5  2,6  2,5  2,7  2,6  2,5  2,7  2,8  2,8  2,0  2,5  2,8  2,9  2,5  3,0 |

ПРАКТИЧЕСКАя работа № 7

Расчет аэродинамических шумов

АКУСТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

*Цель работы*: научиться измерять показатели микроклимата рабочей зоны производственных помещений и оценивать их соответствие нормам.

1. Основные теоретические сведения

Шум вентиляторов, распространяясь по воздуховодам, проникает через воздухораспределительные устройства и вытяжные шахты в помещения или окружающую среду и может создавать в них уровни звукового давления, превышающие допустимые санитарными нормами.

Кроме того, вентиляционные агрегаты создают динамические нагрузки, которые могут передаваться на строительные конструкции и разрушать их, а также возбуждать колебания элементов здания в слышимом диапазоне частот и ухудшать шумовой климат в производственном помещении.

Защиту от шума следует проектировать на основании акустического расчета и предусматривать глушители для снижения шума, распространяющегося по воздуховодам, а также специальные мероприятия, препятствующие распространению колебаний как по воздуху, так и по строительным конструкциям.

2.Влияние шума на человека. Основные термины и определения.

В результате интенсивного и длительного по времени шумового воздействия на органы слуха, возможны стойкие изменения в слуховой активности и как следствие - профессиональное заболевание - шумовая болезнь (тугоухость). Менее грозные последствия работы или других видов жизнедеятельности человека в условиях неблагоприятного шумового климата - утомление, головные боли, снижение производительности труда, нарушение деятельности центральной нервной системы и прочие изменения.

Важно отметить маскирующее действие шума, в результате - повышенная возможность получения травмы.

Шумом являются различные звуки, мешающие нормальной жизнедеятельности человека и вызывающие неприятные ощущения.

Звук представляет собой колебательное движение упругой среды воспринимаемое нашим органом слуха.

Звук, распространяющийся в воздушной среде принято называть воздушным шумом.

Звук, распространяющийся по строительным конструкциям и воздуховодам называю т структурным шумом.

В жидкости и газе могут распространяться только продольные волны, распространяющиеся по разным направлениям. В диапазоне частот 16 Гц...20 кГц колебания воспринимаются ухом человека как звук - их называют звуковыми. Колебаниями с частотами ниже 16Гц называют инфразвуком, выше 20кГц - ультразвуком.

Движение звуковой волны в воздухе или жидкости сопровождается периодическими повышениями или понижениями давления.

Периодическое повышение давления в воздухе по сравнению с атмосферным в воздушной среде называют звуковым давлением, Р (Па) и именно на изменение давления реагирует наш слуховой аппарат. Чем больше давление, тем сильнее раздражение и ощущение громкости звука.

Звуковая волна характеризуется частотой f, Гц и амплитудой колебания А. Амплитуда колебаний определяет звуковое давление, чем она больше, тем больше звуковое давление и громче звук.

Звуковая волна характеризуется звуковым давлением р,Па, ко- лебательной скоростью v, м/с, интенсивностью I, вт/м2. Связь между физическими величинами в бегущей волне определяется соотношениями:

;  (1)

где: w - волновое сопротивление среды, для свободной атмосферы w=с\*ρ (с - скорость звука, м/сек, ρ - плотность среды, кг/м3).

Звуковое давление р - разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением, которое наблюдается в среде при отсутствии звукового поля.

Характеристикой источника звука является звуковая мощность W,(Вт), которая определяет общее количество звуковой энергии, излучаемой всей поверхностью источника S (м2) в единицу времени.

При распространении звуковых волн переносится энергия, которая определяется интенсивностью звука I (Вт/м2). Интенсивность звука, проходящего через поверхность сферы радиусом r , равна излучаемой мощности источника W (Вт), деленной на площадь поверхности источника.

I= W/(4pr2), вт/м2 , (2)

Органы слуха способны воспринимать значительный диапазон интенсивностей звука - от едва различимых (на пороге слышимости) до звуков на пороге болевого ощущения.

Интенсивность звука на грани болевого ощущения в 1016 раз превышает интенсивность звука на пороге слышимости (I бол.ощущ./ I пор.слыш. = 1016 ).

Практическое использование абсолютных значений акустических величин неудобно из-за громоздкости, кроме того, важно учитывать факт реагирования органа слуха человека на относительное изменение звукового давления и интенсивности по отношению к пороговым величинам.

Учитывая вышеизложенное, в акустике принято оперировать не абсолютными величинами Р и I, а их относительными логарифмическими уровнями L, взятыми по отношению к пороговым значениям Р0 или I0 (LI,Lр).

Единица измерения уровня интенсивности - Б (Бел)

При этом считается, что ухо человека четко различает изменение уровня интенсивности звука на 0,1Б, поэтому в практике акустических измерений и расчетов пользуются величиной 0,1Б, которая называется децибел , дБ; 1дБ = 0,1Б.

Уровень интенсивности звука определяется по формуле:

LI=10lgI/Io, дБ; (3)

Где: I - мгновенное или измеренное значение интенсивности звука, Вт/м2;

Io- интенсивность звука на пороге слышимости,

Io = Iпор.слыш.= 10-12, Вт/м2.

При I/Io = 10, LI = 1Б = 10 дБ ; при I/Io = 100, LI = 2Б = 20дБ.

Уровень звукового давления определяется по формуле:

Lр=20lgР/Ро, дБ. (4)

Где: Р - мгновенное или измеренное звуковое давление, Па;

Ро - пороговое звуковое давление, Ро = Pпор.слыш. = 2\*10-5, Па. В дальнейшем, при измерении и нормировании шума, а также в акустических расчетах мы будем использовать именно эти величины.

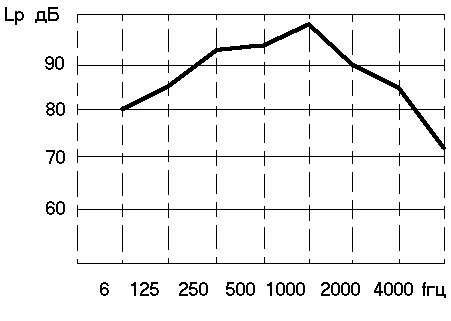
Так как шум, как правило, является совокупностью звуков различной частоты , то для удобства нормирования шума осуществляют разложение шума на составляющие его тона (т.е. звуки примерно одной частоты). Такую операцию называют спектральным ализом, а графическое изображения частотного состава шума - спектром шума, рис.1.

Разложение шума осуществляют относительно среднегеометрических частот октавных полос, fср.

В качестве октавы понимается полоса частот в которой отношение fнач/fкон = 2, а среднегеометрическая частота октавной полосы

fср = fначfкон100.5 , Гц. (5)

В качестве стандартных среднегеометрических частот октавных полос в практике акустических измерений принято использовать частоты 63, 125,250,500,1000,2000,4000, 8000 Гц.

Рис.1 Пример построения спектра шума.

3. Нормирование шума.

Действующие в настоящее время нормативные документы: ГОСТ 12.1.003-85. “Шум. Общие требования безопасности"; СНиП 2 -12-77 гл.12 "Защита от шума"; ГОСТ 12.1.036-81 "Допустимые уровни шума в жилых и общественных зданиях", (1.6).

Нормируемыми параметрами шума являются :

при постоянном шуме - уровни звукового давления Lр (дБа), в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.;

при непостоянном шуме - эквивалентные (по энергии) уровни звука LА в Дб(А).

Уровень звука, дБА - субъективная оценка шума, при которой чувствительность всего шумоизмерительного тракта соответствует средней чувствительности органа слуха человека, т.е. характеристика шумомера "А" моделирует человеческое ухо и используется как ориентировочная оценка шума.

Эквивалентный уровень звука, дБА - значение уровня звука длительного постоянного шума, который в пределах регламентируемого времени (шумового импульса, технологического цикла и пр.) имеет то же самое среднеквадратичное значение уровня звука, что и рассматриваемый шум, уровень звука которого изменяется во времени (т.е. является непостоянным).

Непостоянным во времени является шум, уровни которого изменяются в течение смены (рабочего времени, технологического цикла) не менее чем на 5 дБА при измерении на характеристике шумомера "медленно".

, дБА (6)

где: Т - интервал времени наблюдения (время воздействия шума), суммарная длительность шумового импульса,ч; РА - текущее среднеквадратичное значение звукового давления шумового сигнала, измеренного на частотной характеристике шумомера "А", Па; Ро - порог слышимости, Ро = 2 10-5 Па.

4. Акустический расчет вентиляционной установки

*4.1. Источники шума и их шумовые характеристики в системах теплогазоснабжения и вентиляции (ТГВ).*

Акустический расчет вентиляционной установки обычно проводится для каждой из восьми среднегеометрических частот октавных полос 63,125 ... 8000 Гц. В отдельных случаях, при наличии сложной сети, допускается проводить расчет для частот 125, 250, 500 Гц.

При выборе расчетной точки (РТ) следует руководствоваться положением, что РТ должна находиться в худших, с точки зрения шумового климата, условиях.

Так, если вентиляционная система обслуживает несколько помещений, то следует рассматривать наиболее короткую ветвь воздуховодов и РТ выбрать в помещении, расположенном ближе к вентиляционной камере, на рабочем месте, ближайшем к источнику шума (воздухораспределительному устройству).

Если в помещении установлено несколько воздухораспределительных устройств, то РТ необходимо выбрать с учетом расположения источником шума и их суммарного воздействия на человека.

Следует учитывать также, что шум вентиляционных агрегатов может распространяться не только в обслуживаемое помещение, но и в окружающую среду через решетки, шахты, вентиляционные киоски. В этих случаях РТ следует принимать на ближайшей к источнику шума территории, для которой нормируются уровни звукового давления.

Акустический расчет включает:

* выбор по каталогу или расчет шумовых характеристик вентиляторов;
* определение ожидаемых уровней звукового давления в расчетных точках;
* определение требуемого снижения шума;
* разработку мероприятий по снижению шума.

*4.2. Определение шумовых характеристик вентиляционных установок*.

Шумовые характеристики вентиляторов (кондиционеров, холодильных машин) обычно указываются в паспорте или каталоге, (2).

При отсутствии шумовой характеристики вентилятора ее следует определить расчетным путем, для чего предварительно необходимо найти общий уровень звуковой мощности вентилятора Lробщ отдельно для всасывания и нагнетания по формуле (7)

Lробщ=τ+25lgH+10lgQ+δ (7)

где τ - критерий шумности, дБ, определяемы по табл.1,

H – полное давление, создаваемое вентилятором, Па;

Q – объемный расход воздуха вентилятора, м3/с;

δ - поправка на режим работы вентилятора, дБ.

δ=0 при отклонении режима работы вентилятора от режима максимума коэффициента полезного действия (КПД) не более чем на 10%;

δ=2 при отклонении от режима максимума КПД не более чем на 20%;

δ=4 при отклонении от режима максимума КПД более чем на 20%.

Полученная по формуле (7) величина Lробщ характеризует звуковую мощность, излучаемую открытым патрубком всасывания или открытым патрубком нагнетания вентилятора при условии плавного подвода воздуха к входному патрубку или при установке десплея на прямом участке воздуховода к патрубку всасывания к величинам Lробщ следует добавлять для осевых вентиляторов 8 дБ и центробежных вентиляторов 4 дБ.

Таблица 1.

Значения критерия шумности для вентилятора, дБ.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип и серия вентилятора | Нагнетание | Всасывание |
| Центробежные  Ц4-70, Ц4-76  Ц14-46  Ц9-55, Ц9-57, Ц10-28  ЦП7-40  Ц6-46  ВВД | 41  47  47,5  48  43  48 | 38  42  43,5  43  39  40 |
| Крышные  КЦ-3-90, КЦ-4-84 В  Ц3-04 | 52  49 | 48  49 |
| Осевые  О6-300  О6-320 | 46  44 | 46  44 |

Октавные уровни звуковой мощности вентилятора, излучаемой через патрубок всасывания или нагнетания в воздуховод, следует определять по формуле

Lрокт = Lробщ – ΔL1 + ΔL2  , (8)

где ΔL1 – поправка, дБ, принимаемая по таблице 2;

ΔL2 – поправка, дБ, принимаемая по таблице 3. Если воздуховод не присоединяется к вентилятору ΔL2 = 0.

Октавные уровни звуковой мощности Lр местных кондиционеров и других вентиляционных установок с осевыми вентиляторами (без сетей воздуховодов, глушителей и холодильных машин) в помещении, где они установлены, следует определять по формуле (8), добавляя к полученным значениям 3 дБ, а с центробежными вентиляторами – по формуле (8) для всасывания и нагнетания отдельно и значения полученных уровней сумировать по таблице 4.

Таблица 2.

Поправка ΔL1, дБ.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | Центробежные вентиляторы с лопатками, загнутыми | | Осевые вентиляторы |
| Вперед Ц14-46, Ц9-55, Ц9-57, ЦП7-40, ВВД, Ц10-28 | Назад Ц4-70,  Ц4-76, Ц3-04, КЦЗ-90, КЦ4-84 В |
| (16) | (10) | (19) | (23) |
| (32) | (6) | (15) | (18) |
| 63 | 6 | 11 | 13 |
| 125 | 6 | 7 | 8 |
| 250 | 6 | 5 | 9 |
| 500 | 9 | 6 | 5 |
| 1000 | 13 | 9 | 7 |
| 2000 | 17 | 16 | 10 |
| 4000 | 21 | 21 | 16 |
| 8000 | 26 | 26 | 23 |
| (16000) | (31) | (31) | (30) |
| (32000) | (36) | (36) | (37) |
| Примечания. 1. Приведенные в таблице данные справедливы, когда частота вращения вентилятора находится в пределах 7000-1400 об/мин.  2. При частоте вращения вентилятора 1410-2800 об/мин весь спектр (всю колонку цифр) следует сдвинуть на октаву в сторону высоких частот (на строчку вниз), а при 350-690 об/мин – на октаву в сторону низких частот (на строчку вверх), принимая для крайних частот значения, указанные в скобках для частот 32 и 16000 Гц.  3. При частоте вращения вентилятора 2810-5600 об/мин весь спектр следует сдвинуть аналогичным образом на две октавы (две строчки) в сторону высоких частот, а при числе оборотов 340-1750 об/мин – на две октавы в сторону низких частот. | | | |

Таблица 3.

Поправка ΔL2, дБ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Корень квадратный из площади патрубка вентилятора, мм | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 25 | 37 | 31 | 25 | 19 | 13 | 8 | 3 | 0 |
| 50 | 31 | 26 | 20 | 14 | 8 | 4 | 0 | 0 |
| 80 | 26 | 20 | 14 | 8 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| 100 | 24 | 18 | 13 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 140 | 21 | 15 | 10 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 180 | 19 | 14 | 8 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 18 | 13 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 225 | 17 | 12 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 250 | 16 | 11 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 280 | 16 | 10 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 315 | 14 | 10 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 350 | 14 | 8 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 400 | 12 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 450 | 12 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 500 | 11 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 560 | 10 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 630 | 10 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 710 | 8 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 800 | 8 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 900 | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1000 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1250 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1400 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1600 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

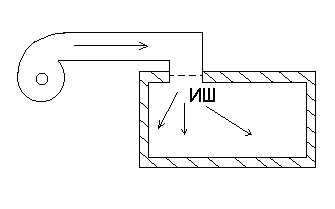
Таблица 4.

Поправка для суммирования уровней шума, дБ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Разность двух складываемых уровней, дБ | 0 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 |
| Добавка к более высокому уровню, дБ | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0 |
| Примечание. При пользовании табл.4 следует последовательно складывать уровни звуковой мощности, начиная с максимального. Сначала следует определять разность двух складываемых уровней, затем соответствующую этой разности добавку. Добавку следует прибавлять к большему из складываемых уровней, полученный уровень складывают со следующим и т. д. | | | | | | | | | |

*4.3. Определение октавных уровней звукового давления в расчетных точках.*

4.3.1. Шум вентилятора, распространяясь по воздуховоду поступает в помещение через одну вентиляционную решетку (рис. 2).

Рис.2. Схема расположения расчетной точки (РТ) и источника шума (ИШ) – вентиляционная решетка.

Ожидаемые октавные уровни звукового давления L в расчетной точке определяется по формуле

 (9)

где: Lp – октавный уровень звуковой мощности, излучаемый вентилятором в воздуховод, определяется по формуле (8), дБ;

φ - фактор направленности, безразмерный; определяется по графику (п.XX ).

ΔLрсети – суммарное снижение октавного уровня звуковой мощности (дБ) в элементах сети воздуховодов по пути распространения шума до выхода в помещение, определяемое по формуле (8).

℘ - эмпирический поправочный коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля и принимаемый в зависимости от отношения расстояния r (м) от источника шума до расчетной точки к максимальному гибаритному размеру lmax источника по графику на рис. 4.

S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку, м2; для источника шума, расположенных в пространстве (на колонне в помещении), S=4πr; на поверхности стены, перекрытия S=2πr; в двухгранном углу, образованном ограждающими конструкциями, S=πr2;

ψ - коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, определяемый по графику на рис. 5;

В – постоянная помещения, определяемая по формуле

В=В1000μ,

где В1000 – постоянная помещения, м2, на среднегеометрической частоте 1000 Гц, определяемая по таблице 5 в зависимости от типа помещения и его объема V, м3; μ - частотный множитель, принимаемый по таблице 6.

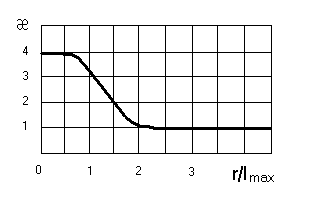


Рис. 4. График для определения коэффициента ℘.

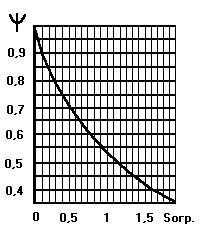


Рис. 5. График для определения коэффициента ψ в зависимости от отношения постоянной помещения В к площади ограждающей поверхности Sогр.

Таблица 5.

Постоянная помещения В1000.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип помещения | Описание помещения | В1000 |
| 1 | С небольшим количеством людей металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т. д. |  |
| 2 | С жесткой мебелью и большим количеством людей или с мягкой мебелью и небольшим количеством людей лаборатории, кабинеты, деревообрабатывающие цехи и др. |  |
| 3 | С большим количеством людей и мягкой мебелью административные здания, конструкторские залы, аудитории, библиотеки и др. |  |
| 4 | Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен. |  |

Таблица 6.

Значения частотного множителя μ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Объем помещения, м3 | Значения множителя на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Менее 200 | 0,8 | 0,75 | 0,7 | 0,8 | 1 | 1,4 | 1,8 | 2,5 |
| От 200 до 1000 | 0,65 | 0,62 | 0,64 | 0,75 | 1 | 1,5 | 2,4 | 4,2 |
| Более 1000 | 0,5 | 0,5 | 0,55 | 0,7 | 1 | 1,6 | 3 | 6 |

4.3.2. Общий уровень звуковой мощности механического шума вентилятора, LРмех.общ в дБ, излучаемого корпусом в помещении, определяется по формуле:

LР мех.общ = 23.3lgU + 20lgД + 64 (10)

где: U - окружная скорость рабочего колеса, м/с, определяется технической характеристикой вентилятора, (2); Д - диаметр рабочего колеса, м, определяется технической характеристикой вентилятора, (2).

4.3.3. Октавные уровни звуковой мощности шума вентилятора, излучаемые в помещение, где он установлен, Lpi мех в дБ следует определять по формуле:

Lpiмех.=LРмех.общ. - ΔL1 (11)

где: LР мех.общ - общий уровень звуковой мощности механического шума вентилятора, LР мех.общ в дБ, излучаемого корпусом в помещении, определяемый в соответствии с п. 4.3.2.

ΔL1 - поправка в дБ, принимается по табл.2.

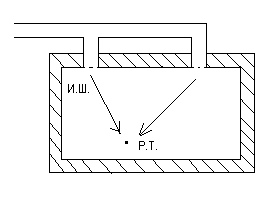
Если в помещении одновременно работают несколько вентиляторов, или других И.Ш. , то для каждой октавной полосы необходимо определить суммарный уровень звуковой мощности всех вентиляторов путем их сложения, используя табл. 7.

##### Таблица 7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lpi(1) - Lpi(2) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 15 | 20 |
| Добавка к более высокому уровню | 3 | 5 | 2 | 1.8 | 1.5 | 1.2 | 0.2 | 0 |

4.3.4. Октавные уровни звуковой мощности Lр в дБ местных кондиционеров и других вентиляционных установок с осевыми вентиляторами в помещении где они установлены, следует определять по формуле (8), добавляя к полученным значениям 3 дБ. Октавные уровни звуковой мощности Lр в дБ местных кондиционеров с центробежными вентиляторами в помещении где они установлены, следует определять по формуле (8), для всасывания и нагнетания отдельно, и значения полученных уровней суммировать по табл. 7.

4.3.5. Шум вентилятора, распространяясь по воздуховоду, поступает в помещение через несколько вентиляционных решеток (рис. 6).

Рис.6 . Схема расположения расчетной точки (РТ) и источника шума (ИШ).

Ожидаемые октавные уровни звукового давления L в расчетной точке определяются в формуле:

, (12)

где m – количество воздухораспределительных устройств одной системы, ближайших к расчетной точке. В число ближжайших следует включать источники шума, расположенные на расстоянии ri  5r0, где r0 – расстояние от расчетной точки до ближайшего к ней источника;

n – общее количество воздухораспределительных устройств одной вентиляционной системы в помещении.

4. 3. 6. Шум проникает в помещение через стенки канала (воздуховода).

Требуемую звукоизолирующую способность стенок канала следует определять по формуле:

 (13)

где Lр – октавный уровень звуковой мощности, излучаемой вентилятором в воздуховод;

ΔLрсети – суммарное снижение октавного уровня звуковой мощности в элементах сети воздуховода по пути распространения шума от вентилятора до помещения, дБ (см. п. 4. 4.)

Lдоп – допустимый по нормам уровень звукового давления в помещении, дБ;

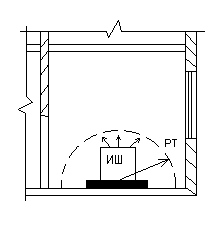
Sкан – площадь наружной поверхности канала (вохдуховода), через которую излучается шум в помещение, м2;

S0 – площадь поперечного сечения канала (воздуховода), м2.

Остальные обозначения те же, что и в формуле (9).

По полученным значениям Rкан можно подобрать материал для изготовления воздуховодов с заданными значениями звукоизолирующей способности стенок (табл. 8, 9).

4. 3. 7. Шум вентилятора, установленного открыто в помещении, излучается в это помещение (рис. 7).

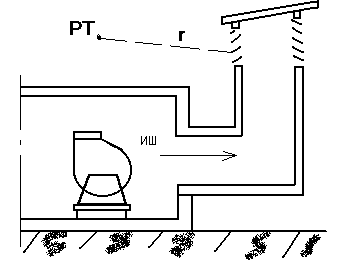
Рис. 7. Схема расположения источника шума (ИШ) и расчетной точки (РТ)

Ожидаемые октавные уровни звукового давления L в расчетной точке определяются по формуле

 (14)

Обозначения те же, что в формуле (9).

4. 3. 8. Шум вентилятора, установленного в вентиляционной камере, проникает в атмосферу через соединительной канал и приточную шахту.

Рис.8. Схема расположения источника шума (ИШ) и расчетной точки (РТ).

Октавные уровни звукового давления L в расчетных точках, расположенных на территории жилой застройки или на площадке предприятия, определяются по формуле (15):

 (15)

Таблица 8.

Звукоизолирующая способность стенок прямоугольных воздуховодов сечением не менее 0,25 м2, дБ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал воздуховода | Толщина материала, мм | Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Сталь | 1  2 | 12  16 | 16  20 | 20  24 | 24  29 | 29  33 | 33  36 | 36  34 | 34  34 |
| Железобетон | 50 | 28 | 34 | 35 | 35 | 41 | 48 | 55 | 55 |
| Кирпичная кладка | 130 | 32 | 39 | 40 | 43 | 48 | 54 | 60 | 60 |
| Гипсобетонные плиты | 80 | 24 | 28 | 33 | 37 | 39 | 44 | 44 | - |

Таблица 9.

Звукоизолирующая способность стенок круглых воздуховодов диаметром от 300 до 600 мм, дБ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал воздуховода | Толщина материала, мм | Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Сталь, 7мм | - | 33 | 24 | 28 | 29 | 24 | 24 | 22 | 29 |
| То же с облицовкой из асбестовой ткани | 5 | 38 | 31 | 36 | 36 | 34 | 34 | 39 | 48 |
| То же, с облицовкой минераловатными плитами | 50-80 | 37 | 30 | 38 | 38 | 40 | 41 | 44 | 48 |
| То же, с нанесением мастики ВД-17-59 | 6 | 35 | 32 | 32 | 35 | 34 | 32 | 35 | 34 |

Где Lр – октавный уровень проникающей в атмосферу звуковой мощности источника, дБ. Lp определяется в соответствии с требованиями раздела 4. 2 настоящих указаний с учетом возможных потерь звуковой энергии по пути распространения;

φ - фактор направленности, см. рис. 3;

r – расстояние от источника шума до расчетной точки, м;

Ω - пространственный угол излучения звука, принимаемый для источника шума, расположенных в пространстве, Ω=4π; на поверхности территории или ограждающих конструкций зданий и сооружений Ω=2π; в двугранном углу, образованном ограждающими конструкциями зданий и сооружений, Ω=π;

а – затухание звука в атмосфере (дБ/км), принимаемое по табл. 10.

Таблица 10.

Затухание звука в атмосфере, дБ/км.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Затухание звука, дБ/км | 0 | 0,7 | 1,5 | 3 | 6 | 12 | 24 | 48 |
| Примечание. При растояниях 50 м затухание звука в атмосфере в расчетах не учитывается. | | | | | | | | |

*4. 4. Снижение уровней звуковой мощности по пути распространения шума.*

Суммарное снижение уровней звуковой мощности по пути распространения шума Lрсети следует определять последовательно для каздого элемента сети воздуховода и затем суммировать по формуле

 (16)

где Lpi – снижение октавных уровней звуковой мощности в отдельных элементах воздуховода, дБ;

nc – число элементов сети воздуховодов, в которых учитывается снижение уровней звуковой мощности.

Снижение октавных уровней звуковой мощности Lр на 1 м длины в прямых участках металлических воздуховодов прямоугольного и круглого сечения следует принимать по табл. 11.

Снижение октавных уровней звуковой мощности на прямых участках кирпичных и бетонных каналов при расчетах не учитывается.

Снижение октавных уровней звуковой мощности Lр в прямоугольных поворотах воздуховодов следует определять по табл. 12. При угле поворота менее или равном 450 снижение октавных уровней звуковой мощности не учитывается.

Таблица 11.

Снижение уровней звуковой мощности в прямых участках воздуховодов, дБ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сечение воздуховода | Гидравлический диаметр | Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Прямоугольное | 75-200  210-400  410-800  810-1600 | 0,6  0,6  0,6  0,45 | 0,6  0,6  0,6  0,3 | 0,45  0,45  0,3  0,15 | 0,3  0,3  0,15  0,1 | 0,3  0,2  0,15  0,06 | 0,3  0,2  0,15  0,06 | 0,3  0,2  0,15  0,06 | 0,3  0,2  0,15  0,06 |
| Круглое | 75-200  210-400  410-800  810-1600 | 0,1  0,06  0,03  0,03 | 0,1  0,1  0,06  0,03 | 0,15  0,1  0,06  0,03 | 0,15  0,15  0,1  0,06 | 0,3  0,2  0,15  0,06 | 0,3  0,2  0,15  0,06 | 0,3  0,2  0,15  0,06 | 0,3  0,2  0,15  0,06 |

Таблица 12.

Снижение уровней звуковой мощности в прямоугольных поворотах воздуховодов, дБ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ширина поворота d, мм | Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц | | | | | | | |
| 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 125 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 7 | 5 | 3 |
| 250 | 0 | 0 | 1 | 5 | 7 | 5 | 3 | 3 |
| 500 | 0 | 1 | 5 | 7 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| 1000 | 1 | 5 | 7 | 5 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 2000 | 5 | 7 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

5. Определение требуемого снижения уровней шума.

Требуемой снижение октавных уровней звукового давления в расчетной точке ΔLтр определяется как разность ожидаемого уровня звукового давления в расчетной точке до осуществления мероприятий по снижению шума L и допустимого уровня Lдоп:

ΔLтр=L-Lдоп (21)

6. Основные мероприятия по снижению шума вентиляционных систем

Основными мероприятиями по снижению шума от вентиляционных систем являются следующие:

1. Планировочные мероприятия, заключающиеся в рациональном размещении вентиляционных камер и отдельных вентиляционных установок, которые должны быть по возможности удалены от обслуживаемых и тихих помещений.
2. Мероприятия по звукоизоляции, которые предусматривают применение ограждающих конструкций перекрытий, стен, дверей вентиляционных камер с достаточной звукоизоляцией; применение ограждающих конструкций перекрытий, стен, дверей вентиляционных камер с достаточной звукоизоляцией, применение звукоизолирующих облицовок воздуховодов и кожухов для вентиляторов, расположенных в производственном помещении или снаружи здания.
3. Заглушение воздушного шума, распространяющегося через воздуховоды, приточные и воздухозаборные отверстия или решетки в помещении или атмосферу, за счет применения глушителей со звукопоглощающим материалом, а также облицовку воздуховодов и поворотов изнутри звукопоглощающим материалом.
4. Для устранения передачи структурного шума по строительным конструкциям и элементам воздуховодов следует изолировать вентиляционный агрегат путем установки его на виброизолирующее основание и введением мягких вставок между вентилятором и воздуховодом.

*6.1. Проектирование глушителей шума*.

В целях снижение уровней звукового давления в системах вентиляции и кондиционирования применяют глушители шума: трубчатые, пластинчатые, камерные, а также облицовку воздуховодов и поворотов изнутри звукопоглощающим материалом.

Выбор конструкции глушителей производится в зависимости от размеров воздуховода, допускаемой скорости воздушного потока и требуемого снижения октавных уровней звукового давления.

При размерах воздуховодов до 500х500 мм рекомендуется применять трубчатые глушители. При больших размерах воздуховодов следует применять пластинчатые глушители. Камерные глушители обладают большим сопротивлением, и их преимущественно используют для установок с небольшими расходами.

*6.2. Звукоизоляция. Расчет звукоизоляции ограждающих конструкций*.

Шум, распространяющийся по воздуху от и.ш. к р.т. может быть существенно снижен посредством устройства на его пути звукоизолирующих преград в виде стен, перегородок, перекрытий, специальных звукоизолирующих кожухов и экранов.

Требуемую звукоизолирующую способность строительных конструкций Rтрi рассчитывают в октавных полосах частот с fср - 63,125...8000Гц.

6.3. Расчет и выбор конструкции звукопоглощения.

Акустическая обработка помещения предполагает облицовку ограждающих конструкций - потолка, стен, пола - звукопоглощающим материалом , звукопоглощающими панелями, а также размещение в помещении штучных звукопоглотителей.

Дополнительное звукопоглощение уменьшает интенсивность отражения звуковых волн, поэтому наибольший акустический эффект можно получить в точках, расположенных в зоне отраженного звука.

Звукопоглощающие конструкции целесообразно применять, когда Lтр в расчетных точках на рабочих местах составляет 4-5дБ.

Для расчета звукопоглощения необходимо знать акустические характеристики помещения: Li,дБ; В,м2; А-эквивалентная площадь звукопоглощения, м2;a - средний коэффициент звукопоглощения.

Максимальное снижение уровня звукового давления L, дБ в р.т. расположенных в зоне отраженного поля при применении звукопоглощающих покрытий, определяется по формуле:

L = 10lg(B/B1) (23)

где: В - постоянная помещения, м2;

В1 - постоянная помещения, м2, после установки звукопоглощающих конструкций (панелей), В1 = ( А1 + А )/( 1 - α1)

где: А1 = α(S - Sобл);

α - средний коэффициент звукопоглощения до обработки, α = В/(В + S)

S - общая площадь ограждающих конструкций, м2 ;

Sобл - площадь облицованных поверхностей, м2

A = αобл. Sобл. (24)

где αобл. - коэффициент звукопоглощения конструкции облицовки;

α1 - средний коэффициент звукопоглощения акустически обработанного помещения. α1 = (А1+ А)/S .

ПРАКТИЧЕСКАЯ работа № 8

Расчет искусственного освещения

*Цель работы*:

.

1. Основные теоретические сведения

При проектировании отдельных установок основное внимание уделяется созданию оптимальных условий для зрительной работы. С этой целью проводятся светотехнические расчеты, позволяющие определить рациональные световые решения в соответствии с действующими нормами и правилами.

Искусственное освещение проектируется общее (равномерное или локализованное) и комбинированное (к общему добавляется местное).

Для освещения помещений, как правило, предусматриваются газоразрядные лампы низкого давления (ЛД, ЛБ, ЛДЦ), лампы высокого давления (ДРЛ, металлогалогенные, натриевые). В случае невозможности или нецелесообразности применения газоразрядных ламп допускается применение ламп накаливания. Для освещения промышленных и строительных площадок, территорий населенных пунктов применяются прожектора заливающего света, газоразрядные лампы высокого давления.

При выборе типа ламп учитываются требования экономичности, безопасности обслуживания, правильности цветопередачи. Противопоказаниями для применения люминесцентных ламп являются увеличение высоты подвеса, усложнение доступа для обслуживания, температура окружающей среды. При наличии быстровращающихся деталей в светильниках местного освещения люминесцентные лампы не применяются во избежание стробоскопического эффекта.

Важным моментом проектирования искусственного освещения является выбор светильников, осуществляющих требуемое перераспределение светового потока лампы. Маркировка светильников включает в себя буквенные обозначения источников света, способа установки, основного назначения, мощности ламп и т. п.

Каждому светильнику за исключением светильников специального назначения и для установки на транспорте присваивается шифр. Структура шифра такова:



где 1 – буква, обозначающая источник света, 2 – буква, обозначающая способ установки, 3 – буква, обозначающая основное назначение светильника, 4 – двузначное число, обозначающее номер серии, 5 – число, обозначающее количество ламп в светильнике (для одноламповых число 1 не обозначается и знак Х не ставится), 6 – число, обозначающее мощность ламп в ваттах, 7 – трехзначное число, обозначающее номер модификации, 8 – обозначение климатического исполнения.

Буквы, обозначающие источник света: Н – лампы накаливания, Л – люминесцентные трубчатые лампы, Р – лампы типа ДРЛ (ртутные лампы высокого давления). Буквы, обозначающие способ установки: С – подвесные, П – потолочные, В – встраиваемые в подвесные потолки, Б – настенные. Буквы, обозначающие основное применение светильника: П – для промышленных предприятий, У – для наружного освещения, О – для общественных зданий, Р – для рудников и шахт, В – для бытовых помещений.

При выборе светильника учитывается его класс. К классу прямого света (П) относятся светильники, у которых доля светового потока нижней полусферы превышает 80%. Эти светильники используются при большой высоте подвеса и для создания локализованного освещения. В светильниках преимущественно прямого света (Н) поток нижней полусферы составляет 60-80%, рассеянного света (Р) – 40-60%, преимущественно отраженного света (В) – 20-40%, отраженного света (О) – менее 20%.

Светильники классов П и Н имеют более высокий КПД потока нижней полусферы. Их применение при общем освещении позволяет получить более высокие значения коэффициента использования светового потока.

Направленность излучения светильников определяется кривой силы света (КСС). В соответствии с ГОСТ 17677–82 светильники делятся на группы с типовыми формами КСС. Типовые КСС обозначаются: М – равномерная, Д – косинусная, Г – глубокая, К – концентрированная, Л – полуширокая, Ш – широкая, С – синусная (рис. 1).

Во взрывоопасных помещениях применяются стационарные взрывозащищенные светильники двух исполнений: взрывонепроницаемые (с маркировкой “В”) – тип ВЗГ и повышенной надежности против взрыва (с маркировкой “Н”) – типы НОГЛ, НОДЛ.

Например, светильник НСП01×100/ДОЗ-01. Светильник с лампой накаливания (Н), подвесной (С), прямого света (П), мощность лампы 100 Вт. Светильник РСП01×125/ДОЗ-07 – светильник ртутный с лампами типа ДРЛ, подвесной, прямого света серии 01, с мощностью лампы 125 Вт.

# 

# Рис. 1 Типовые кривые силы света

2. Выбор освещенности

Нормирование освещенности производится в люксах. Шкала нормированных значений освещенности выглядит так: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 7; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 5000.

Согласно СниП 23–05–95 минимальные значения освещенности при искусственном освещении выбираются в зависимости от минимального размера объекта различения *d* (в мм) при расстоянии от предмета различения до глаз *l* менее 0,5 м или отношения *d/l* при *l* >0,5 м, контраста объекта различения с фоном, характеристики фона и системы освещения. Все зрительные работы разделяются на 8 разрядов. Разряды I–V и VIII разделяются на подразряды. В разряде VIII деление на подразряды обусловлено характером наблюдения за ходом технологического процесса: а) постоянное, б) периодическое при постоянном пребывании людей в помещении и в) периодическое при периодическом пребывании людей в помещении. В разрядах I-V деление на подразряды обусловлено сочетанием качественных характеристик контраста и фона и определяется по табл. 1. Минимальные значения освещенности принимаются по табл. 2.

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Подразряд зрительной работы | Контраст объекта различения с фоном | Характеристика фона |
| 1 | 2 | 3 |
| а | Малый | Темный |
| б | Малый | Средний |
|  | Средний | Темный |
| в | Малый | Светлый |
|  | Средний | Средний |
|  | Большой | Темный |
| г | Средний | Светлый |
|  | Большой | Светлый |
|  | Большой | Средний |

Таблица 2

Минимальные значения освещенности при искусственном освещении по СниП 23–05–95

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика зрительной работы | Наименьший эквивалентный размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Искусственное освещение | | | | |
| Освещенность, лк | | | Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации | |
| При системе комбинированного освещения | | При системе общего освещения |
| Всего | в том числе от общего освещения |
| Р | % |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Наивысшей точности | Менее 0,15 | I | а | Малый | Темный | 5000  4500 | 500  500 | – | 20 | 10 |
| б | Малый  Средний | Средний  Темный | 4000  3500 | 400  400 | 1250  1000 | 20  10 | 10  10 |
| в | Малый  Средний  Большой | Светлый  Средний  Темный | 2500  2000 | 300  200 | 750  600 | 20  10 | 10  10 |
| г | Средний  Большой  // | Светлый  //  Средний | 1500  1250 | 200  200 | 400  300 | 20  0 | 10  10 |
| Очень высокой точности | От 0,15 до 0,30 | II | а | Малый | Темный | 4000  3500 | 400  400 | – | 20  10 | 10  10 |
| б | Малый  Средний | Средний  Темный | 3000  2500 | 300  300 | 750  600 | 20  10 | 10  10 |
| в | Малый  Средний  Большой | Светлый  Средний  Темный | 2000  1500 | 200  200 | 500  400 | 20  10 | 10  10 |
| г | Средний  Большой  // | Светлый  Светлый  Средний | 1000  750 | 200  200 | 300  200 | 20  10 | 10  10 |
| Высокой точности | От 0,30 до 0,50 | III | а | Малый | Темный | 2000  1500 | 200  200 | 500  400 | 40  20 | 15  15 |
| б | Малый  Средний | Средний  Темный | 1000  750 | 200  200 | 300  200 | 40  20 | 15  15 |
| в | Малый  Средний  Большой | Светлый  Средний  Темный | 750  600 | 200  200 | 300  200 | 40  20 | 15 |
| г | Средний  Большой  // | Светлый  //  Средний | 400 | 200 | 200 | 40 |  |
| Средней точности | Свыше 0,5 до 1,0 | IV | а | Малый | Темный | 750 | 200 | 300 | 40 | 20 |
| б | Малый  Средний | Средний  Темный | 500  500 | 200  200 | 200  200 | 40  40 | 20  20 |
| в | Малый  Средний  Большой | Светлый  Средний  Темный | 400 | 200 | 200 | 40 | 20 |
| г | Средний  Большой  // | Светлый  //  Средний | – | – | 200 | 40 | 20 |
| Малой точности | Свыше 1 до 5 | V | а | Малый | Темный | 400 | 200 | 300 | 40 | 20 |
| б | Малый  Средний | Средний  Темный | – | – | 200 | 40 | 20 |
| в | Малый  Средний  Большой | Светлый  Средний  Темный | – | – | 200 | 40 | 20 |
| г | Средний  Большой  // | Светлый  //  Средний | – | – | 200 | 40 | 20 |
| Грубая (очень малой точности) | Более 5 | VI |  | Независимо от характеристик фона и контрастности объекта | | – | – | 200 | 40 | 20 |
| Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах | Более 0,5 | VII |  | Независимо от характеристик фона и контрастности объекта | | – | – | 200 | 40 | 20 |
| Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное  периодическое при постоянном пребывании людей в помещении  периодическое при периодическом пребывании людей в помещении  общее наблюдение за инженерными коммуникациями |  | VIII | а | Независимо от характеристик фона и контрастности объекта | | – | – | 200 | 40 | 20 |
| б | Независимо от характеристик фона и контрастности объекта | | – | – | 75 | 40 | 20 |
| в  г | Независимо от характеристик фона и контрастности объекта | | – | – | 50 | – | – |
| Независимо от характеристик фона и контрастности объекта | | – | – | 20 | – | – |

При использовании ламп накаливания нормированное значение освещенности Ен следует снижать на одну ступень: в системах комбинированного освещения при Ен>750 лк, в системах общего освещения для разрядов I–V и VIII, при этом освещенность, создаваемая лампами накаливания, не должна превышать 300 лк. Для разрядов VI и VIII значения Ен снижаются на две ступени.

Величину Ен следует повышать на одну ступень:

если работа I–IV разрядов выполняется в течение полной смены;

при повышенной опасности травматизма;

при работе и производственном обучении подростков, если Ен<300 лк для систем общего пользования.

При работе со светящимися объектами размером менее 0,5 мм их следует относить к подразряду “в” соответствующих разрядов.

В системах комбинированного освещения доля общего освещения должна составлять не менее 10% от Ен. При этом значение максимальной и минимальной освещенности от светильников общего освещения должны составлять соответственно 750 и 150 лк для люминесцентных ламп, 300 и 50 лк – для ламп накаливания.

Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, определяется по табл. 3.

Таблица 3

Значения освещенности, создаваемой светильниками общего искусственного освещения в системе комбинированного освещения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Разряд зрительной работы | Освещенность, лк | |
| при газоразрядных лампах | при лампах накаливания |
| Iа | 600 | 300 |
| Iб, IIа | 500 | 300 |
| Iв, IIб | 400 | 300 |
| Iг | 200 | 150 |
| IIв, IIIа | 300 | 200 |
| IIг, IIIб, |  |  |
| IIIв, IIIг, |  |  |
| IV, Vа, Vб | 200 | 100 |

3. Светотехнические расчеты

Светотехнические расчеты могут выполняться методами: методом коэффициента использования светового потока, точечным методом и др.

*3.1. Расчет общего освещения методом коэффициента использования светового потока*

Коэффициент использования светового потока η равен отношению светового потока, падающего на расчетную поверхность, ко всему потоку осветительной установки. Он определяется геометрией помещения, коэффициентами отражения потолка ρп, стен ρс, расчетной поверхности ρр, типом КСС источника света.

Геометрия помещения учитывается индексом помещения

 , (1)

где а и b – длина и ширина помещения, м;

h – расчетная высота (высота подвеса над расчетной поверхностью), м.

Значение коэффициентов использования в зависимости от характеристик помещения приведены в табл. 5.

При расчете общего освещения следует выбрать тип КСС светильника, размещение по площади потолка и общее количество светильников (ламп). При большой расчетной высоте и малых значениях ρп и ρс следует отдавать предпочтение КСС типа Г, К и Д. Для малых высот предпочтительнее светильники с КСС типа М и Л, создающие более равномерное освещение. Учитывая требования равномерности освещения, размещать светильники необходимо исходя из значений предельных отношений *l/h*, где *l* – расстояние между светильниками. Максимально допустимые значения *l/h* приведены в табл. 4.

Таблица 4

#### Параметры КСС и относительного расположения светильников

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип КСС | М | Д-1 | Д-2 | Г-1 | Г-2 | Г-3 | Г-4 | К-1 | К-2 |
| l0 | 159,2 | 233,4 | 333,5 | 377,3 | 503,0 | 670,7 | 894 | 1192 | 1583 |
| η | 0 | 0,78 | 1,04 | 1,10 | 1,29 | 1,51 | 1,76 | 2,04 | 2,37 |
| l/h | 1,4 | 1,3 | 0,96 | 0,91 | 0,77 | 0,66 | 0,57 | 0,49 | 0,42 |

Таблица 5

Значения коэффициентов использования светового потока в процентах

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ρп | ρс | ρр | i | Тип КСС | | | | | | | | |
| М | Д-1 | Д-2 | Г-1 | Г-2 | Г-3 | Г-4 | К-1 | К-2 |
| 0,7 | 0,5 | 0,3 | 0,6 | 35 | 36 | 44 | 49 | 58 | 64 | 70 | 74 | 75 |
| 0,8 | 50 | 50 | 52 | 60 | 68 | 74 | 77 | 83 | 84 |
| 1,25 | 61 | 58 | 68 | 75 | 82 | 85 | 84 | 90 | 95 |
| 2 | 73 | 72 | 84 | 90 | 96 | 95 | 90 | 96 | 104 |
| 3 | 83 | 81 | 93 | 101 | 102 | 100 | 94 | 100 | 108 |
| 5 | 95 | 90 | 103 | 106 | 109 | 105 | 99 | 106 | 115 |
| 0,7 | 0,3 | 0,1 | 0,6 | 26 | 28 | 33 | 42 | 48 | 57 | 62 | 65 | 67 |
| 0,8 | 36 | 40 | 43 | 52 | 60 | 66 | 69 | 73 | 75 |
| 1,25 | 46 | 49 | 56 | 69 | 73 | 76 | 76 | 81 | 84 |
| 2 | 56 | 59 | 74 | 78 | 84 | 84 | 81 | 86 | 93 |
| 3 | 67 | 68 | 80 | 73 | 90 | 83 | 84 | 89 | 97 |
| 5 | 80 | 74 | 46 | 76 | 94 | 91 | 85 | 90 | 100 |
| 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,6 | 32 | 36 | 42 | 45 | 55 | 63 | 68 | 70 | 72 |
| 0,8 | 45 | 48 | 51 | 56 | 66 | 72 | 73 | 78 | 80 |
| 1,25 | 55 | 57 | 65 | 65 | 80 | 83 | 81 | 86 | 91 |
| 2 | 67 | 66 | 71 | 78 | 92 | 91 | 87 | 92 | 99 |
| 3 | 74 | 76 | 90 | 76 | 98 | 96 | 91 | 96 | 103 |
| 5 | 84 | 85 | 85 | 84 | 103 | 100 | 94 | 100 | 108 |
| 0,5 | 0,3 | 0,1 | 0,6 | 23 | 27 | 33 | 41 | 48 | 57 | 62 | 64 | 68 |
| 0,8 | 36 | 40 | 42 | 48 | 58 | 65 | 68 | 73 | 74 |
| 1,25 | 45 | 48 | 52 | 64 | 72 | 75 | 74 | 80 | 84 |
| 2 | 56 | 55 | 69 | 76 | 83 | 83 | 81 | 86 | 92 |
| 3 | 65 | 65 | 75 | 70 | 86 | 86 | 83 | 88 | 93 |
| 5 | 75 | 73 | 86 | 88 | 93 | 90 | 85 | 90 | 99 |
| 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,6 | 17 | 27 | 28 | 35 | 43 | 53 | 61 | 62 | 68 |
| 0,8 | 29 | 35 | 36 | 45 | 54 | 62 | 65 | 71 | 72 |
| 1,25 | 38 | 42 | 48 | 60 | 68 | 73 | 72 | 77 | 80 |
| 2 | 46 | 52 | 63 | 73 | 79 | 80 | 78 | 83 | 89 |
| 3 | 58 | 61 | 75 | 68 | 85 | 84 | 81 | 86 | 93 |
| 5 | 67 | 68 | 81 | 77 | 90 | 86 | 83 | 88 | 97 |

Необходимый поток каждого светильника (лампы) определяется по формуле

 , (2)

где Е – нормативное значение освещенности, определяемое по табл. 1, 2;

S – площадь помещения, м2;

КЗ – коэффициент запаса, учитывающий снижение светового потока за счет запыленности светильника;

z – коэффициент неравномерности (Еср/Еmin);

N – число светильников (ламп);

η – коэффициент использования светового потока.

Величину z принимают равной 1,1 для люминесцентных ламп и 1,5 для ламп накаливания и ДРЛ. Величина КЗ для светильников с люминесцентными лампами выбирается равной 1,7 для литейного и плавильного производства, ковочных и полировочных изделий, 1,6 – для гальванических и модельных отделений, 1,5 – для цехов обработки металлов резанием, слесарных и разметочных отделений, 1,8 – для сварочных и окрасочных отделений.

Значения КЗ для светильников с лампами накаливания и ДРЛ снижают на 0,2 по сравнению с вышеуказанными значениями.

При выборе освещенности к разряду Iв следует относить разметочные отделения, IIб – полировальные работы, IIIа – слесарные и модельные отделения, сборочные цеха, IIIб – литейные цеха, IIIв – малярные отделения, IIIг – заготовительные отделения, IVа – плавильные отделения, IVв – диспетчерские пульты.

Рассчитав по формуле (2) световой поток лампы, в приложении 1, 2 выбирают ближайшую стандартную лампу. Допускается отклонение потока выбранной лампы от расчетного до –10% и +20%. В противном случае необходимо изменить планировку светильников. Определив тип лампы и ее мощность, в приложении 3-5 выбирают тип светильника. Для люминесцентных ламп общий поток светильника выбирается с учетом количества ламп. При выборе типа светильника необходимо учитывать требования их взрывоопасности.

*3.2. Расчет освещенности при наличии светящих линий*

Излучатели (например, ряд светильников с люминесцентными лампами), длина которых превышает половину расчетной высоты, рассматриваются как светящие линии. Если в линии есть разрывы длиной λ, то линия рассматривается как непрерывная при λ<0,5h.

Для расчетов вводится понятие плотности потока Ф':

 , (3)

где x – длина светильника, м

N – число светильников,

L – габаритная длина линии, м

Ф – световой поток одного светильника, лм.

Для протяженных линий с разрывами используется первая часть уравнения с длиной разрыва λ.

Расчет освещенности производится для контрольных точек, выбранных по середине между рядами светильников (при общем равномерном освещении). При наличии разрывов или на концах линии расчет производится в точках напротив концов светящих линий.

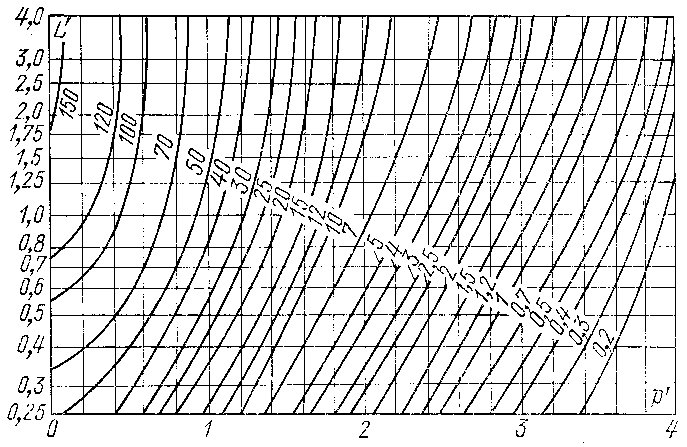
Для расчета привлекаются графики относительной освещенности ε, которая является освещенностью, создаваемой светильником со световым потоком Ф=1000 лм при высоте расположения светильника над плоскостью освещения h=1 м.

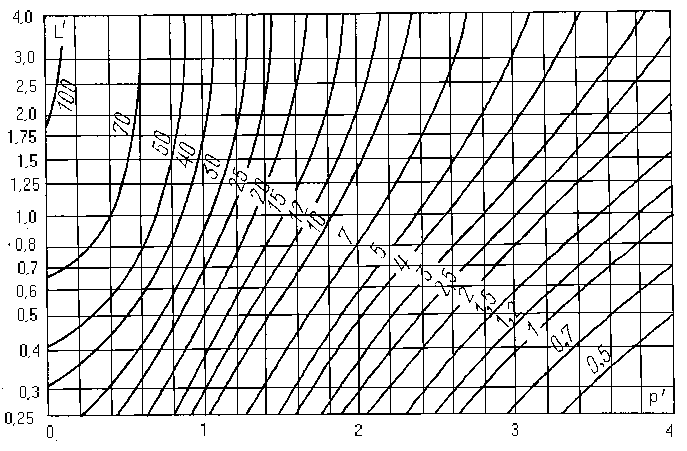
Расчет плотности светового потока производится по формуле:

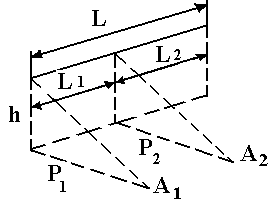
 , (4)

где μ – коэффициент, учитывающий отраженный свет. Принимается равным 1,1 … 1,15;

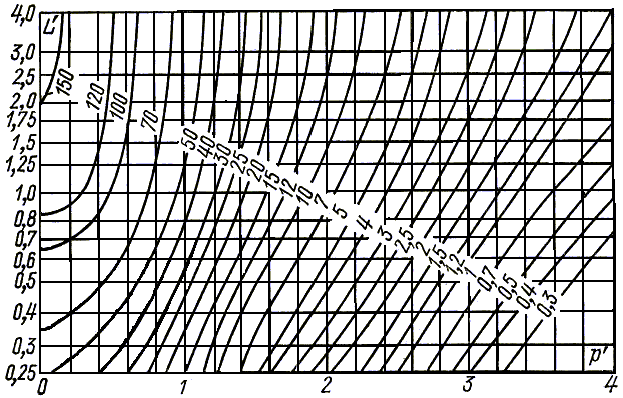
∑ε – сумма значений относительной освещенности, определенных по графикам, приведенным на рисунке 2.

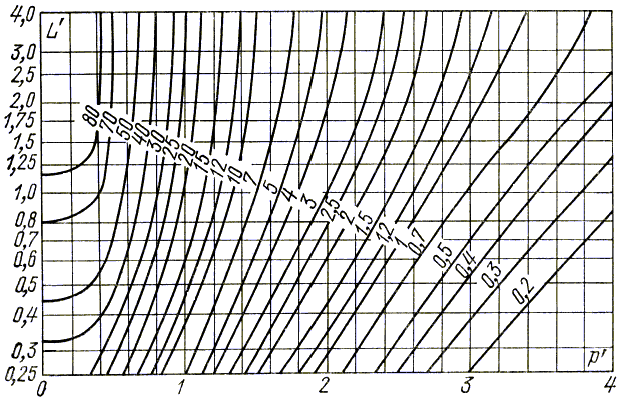
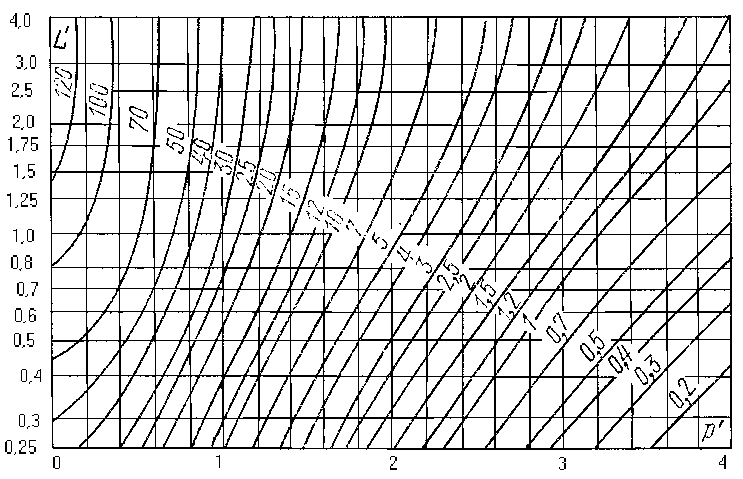






а б



 в г

д е

# Рис. 2

Схема (а) и кривые равной освещенности для расчета светящей линии со светильниками, имеющими КСС типов М (б); Д-1 (в); Д-2 (г); Г-1 (д); Г-2 (е).

По планам участка обмеряются размеры p и L (p – расстояние от проекции светящей линии до контрольной точки по перпендикуляру), находятся отношения р'=p : h, L'=L : h. Для точки с координатами p' и L' на графиках определяется значение ε. Суммирование значений ε от ближайших рядов или их частей, освещающих контрольную точку, дает ∑ε. Плотность светового потока, определенная по формуле (4), позволяет выбрать не только тип лампы, но и число ламп в светильнике.

Пример расчета 1.

Необходимо рассчитать осветительную установку, показанную на рис. 3, на наименьшую освещенность Е=300 лк при КЗ=1,5. светильники ЛДР с лампами ЛБ, h=4 м.

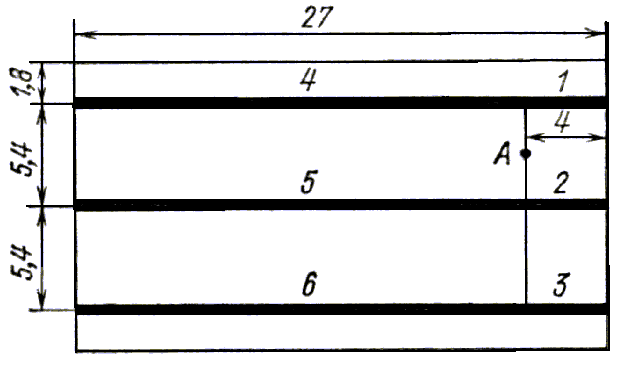


Рис. 3. Схема расположения светящих линий на участке.

1…6 светящие полуряды линий, А – контрольная точка.

Точка А освещается шестью полурядами линий, отмеченных цифрами 1-6. Значения р, L, p', L' и определенные значения условной освещенности указаны ниже:

Полуряд р L p' L' ε

1 и 2 2,7 4 0,67 1 2×87

3 8,1 4 2,0 1 7

4 и 5 2,7 23 0,67 ∞ 2×115

6 8,1 23 2,0 ∞ 14

∑ ε = 425

##### Принимая μ = 1,1, находим

 лм/м.

В каждом ряду полный поток ламп должен составить 3850×27=104000лм, что соответствует 104000:(2×2850)=18 светильников 2×40 Вт, которые хорошо вписываются в ряд, заполняя его без разрывов. Если выбрать лампы большой мощности, то могут получиться разрывы.

При наличии разрывов в линии, линия мысленно достраивается до сплошной, участок разрыва считается как и сплошной, но с той лишь разностью, что сумма относительных освещенностей производится как алгебраическая, т. е. значения относительной освещенности вычитаются.

При выборе шага расположения светильников с люминесцентными лампами надо учитывать их длину. Для ламп мощностью 20 Вт она составляет 0,7 м, 40 Вт – 1,3 м, 80 Вт – 1,6 м. Расстояние между светящими линиями выбирается в зависимости от принятого КСС с учетом соотношения *l/h* (табл. 4).

*3.3. Точечный метод.*

Точечный метод применяется для расчета общего, местного и наружного освещения. освещенность точки может быть определена по формуле:

 , (5)

где  – сила света в направлении луча,

cos α – косинус угла наклона направления луча.

Выражение в числителе может рассматриваться как самостоятельная функция и при значениях высоты подвеса светильника h=1 м можно получить освещенность на условной плоскости, отстоящей от светильника на 1 м (рис. 4, 5). Если принять начальную силу света I0=100 кд, то можно построить график условной горизонтальной освещенности для целого ряда светильников с различными типовыми КСС. Значения I0, h, l/h для типовых КСС приведены в табл. 4.

Суммарное действие ближайших светильников создает в контрольной точке освещенность ∑ ε. Действие остальных источников света учитывается коэффициентом μ=1,1 … 1,2. Тогда для получения в данной точке заданной освещенности Е световой поток каждого светильника определяется по формуле:

. (6)

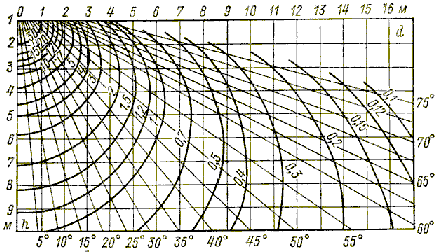
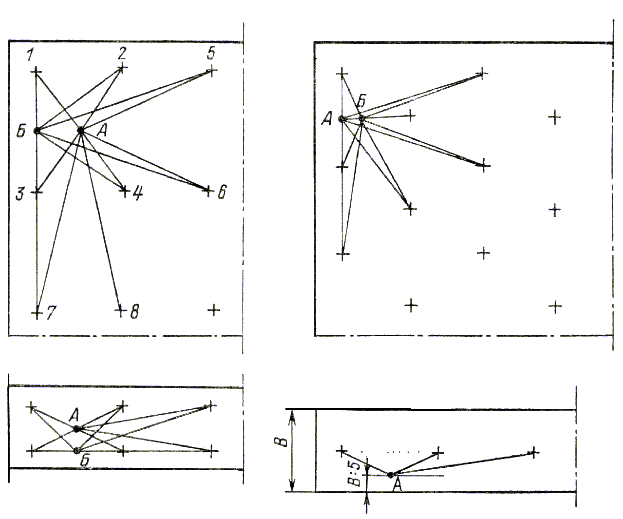
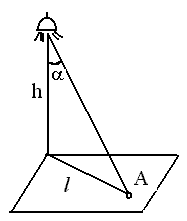


Рис. 4. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности



а б

Рис. 5. Схема относительного расположения светильника и контрольной точки (а), то же на плане (б)

По величине Ф производится выбор светильника.

Формула (6) может быть использована для расчета освещенности Е при известном Ф. Обычно в качестве контрольной точки при расчете общего освещения выбирают центр углового поля или середину его длинной стороны (точка А, Б на рис. 5б).

Точечный метод позволяет определить характеристики и провести выбор светильников местного освещения в системе комбинированного. В этом случае величина Е в формуле (6) определяется как разность нормативной освещенности для комбинированного освещения (табл. 2) и освещенности, создаваемой светильниками общего освещения (табл. 3). Расчетная точка располагается на краю рабочего поля. Требование равномерности освещения достигается выбором рациональной высоты подвеса, исходя из типа КСС светильника местного освещения и отношения размера рабочей зоны к высоте l/h (табл. 4).

Пример расчета 2.

В помещении, часть которого показана на рис. 5б, требуется обеспечить освещенность Е=50 лк при КЗ=1,3. Светильники УПД подвешены на высоте 3 м. Размеры полей 6×4 м.

Расстояние d определяем обмером по масштабному плану, расчет сводим в таблицу 6.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Точка | Номера светильников | Расстояние, d, м | Условная освещенность, лк | | Сумма |
| от одного светильника | от всех светильников |
| А | 1,2,3,4 | 3,6 | 5,6 | 22,4 |  |
| 5,6 | 6,7 | 0,4 | 0,8 |  |
| 7,8 | 9,2 | 0,1 | 0,2 | ∑ ε =23,4 |
| Б | 1,3 | 3 | 8,0 | 16 |  |
| 2,4 | 5 | 1,8 | 3,6 |  |
| 5,6 | 8,5 | 0,15 | 0,3 |  |
| 7,8 | 9 | 0,1 | 0,1 | ∑ ε =20,0 |

Наихудшей оказывается точка Б, по освещенности которой определяем необходимый поток, принимая μ=1,1 (формула 6):

 лм.

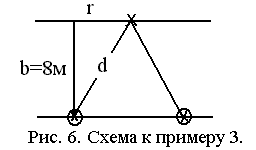
По таблице Приложения 1 выбираем лампу 200 Вт.

При расчете наружного освещения линейными источниками (освещение полосы дороги, коммуникаций и т. п.) также может быть применен точечный метод с использованием пространственных изолюкс.

Пример расчета 3.

Полоса шириной b=10 м освещается установленными по ее краю на высоте 8 м светильниками СПО-2-200 с лампами 200 Вт, 2800 лм. Определить пролет L, при котором на противоположном краю полосы создаются Е=0,5 лк при КЗ=1,4 (рис. 6).

Из выражения (6) находим

  лк.

Контрольная точка на противоположной стороне полосы освещается по крайней мере двумя светильниками, следовательно, значение условной освещенности необходимо разделить пополам.

По графику на рисунке 4 находим, что значение ε=0,125 лк при высоте подвеса 8 м отвечает значению d=17 м. Значение d является гипотенузой в треугольнике, величину r находим по теореме Пифагора:

 м.

Следовательно, расстояние между опорами подвеса равно 30 м.

3.4. Прожекторное освещение

Наружное освещение может быть выполнено с помощью прожекторов заливающего света типа ПЗС (рис. 7).

Расчет прожекторного освещения производится на горизонтальную освещенность, кроме случаев, когда требуется освещение только вертикальных поверхностей, и осуществляется чаще всего путем компоновки изолюкс или по методу веера прожекторов.

Рабочей характеристикой прожектора является изолюкса на условной поверхности, перпендикулярной оси и удаленной от прожектора на 1 м. Таким образом расчет прожекторного освещения сводится к применению метода изолюкс.

Пусть прожектор установлен на высоте h и его ось наклонена на угол θ к горизонту (рис. 8).

Координаты точек М (на горизонтальной поверхности) и m (на условной поверхности) и их освещенности е и ε связаны соотношениями:

 (7)

 (8)

Координата ξ, так же как входящие в формулу значения ρ и ρ3, определяются по таблице 7 в функции отношения x : h и угла θ. Если изолюксы на условной плоскости даны для двух квадрантов, то для сочетания параметров, слева от жирной линии (табл. 7) следует пользоваться нижним квадрантом.

Построение изолюкс горизонтальной освещенности е при заданных или выбранных θ и h производится в следующем порядке.

Задается x, кратное высоте мачты или подвеса прожектора x, и выписываются значения ξ, ρ, ρ3 (табл. 7). Находится ε по формуле (8). По графику изолюкс на условной поверхности находится η как абсцисса точки, ордината которой равна ξ, а освещенность ε. Вычисляется y по формуле (7), что дает пару точек изолюксы, симметрично расположенной относительно оси x. Последовательно повторяются операции до значения x, при котором необходимая освещенность ε, больше ее максимального значения на графике (рис. 9-18).

Строится изолюкса в масштабе освещаемой территории.

Основные схемы расположения прожекторов на строительных объектах.

Рис. 7.

Схема к построению изолюкс

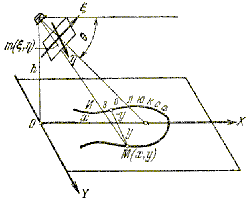


Рис. 8

Таблица 7

Таблица для расчета прожекторного освещения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| θ, град. | Значения ξ (верхнее число), ρ (среднее число), ρ3 (нижнее число) при значениях x : h | | | | | | | | | | | |
| 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 5,0 | 6,0 |
| 8 | 2,47 | 1,46 | 1,01 | 0,75 | 0,49 | 0,34 | 0,25 | 0,19 | 0,14 | 0,11 | 0,06 | 0,03 |
| 0,39 | 0,63 | 0,88 | 1,13 | 1,6 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 3,6 | 4,1 | 5,1 | 6,1 |
| 0,06 | 0,25 | 0,68 | 1,42 | 4,2 | 9,5 | 18 | 30 | 46 | 68 | 132 | 225 |
| 10 | 2,24 | 1,34 | 0,94 | 0,7 | 0,44 | 0,30 | 0,21 | 0,15 | 0,11 | 0,07 | 0,03 |  |
| 0,42 | 0,67 | 0,91 | 1,16 | 1,6 | 2,1 | 2,6 | 3,1 | 3,6 | 4,1 | 5,1 |  |
| 0,07 | 0,30 | 0,76 | 1,54 | 4,5 | 9,8 | 18 | 30 | 48 | 69 | 132 |  |
| 12 | 2,05 | 1,25 | 0,87 | 0,65 | 0,40 | 0,25 | 0,18 | 0,12 | 0,07 | 0,04 |  |  |
| 0,45 | 0,70 | 0,94 | 1,19 | 1,7 | 2,2 | 2,6 | 3,1 | 3,6 | 4,1 |  |  |
| 0,09 | 0,34 | 0,84 | 1,66 | 1,7 | 10 | 19 | 31 | 48 | 69 |  |  |
| 14 | 1,88 | 1,17 | 0,82 | 0,6 | 0,36 | 0,23 | 0,14 | 0,08 | 0,04 |  |  |  |
| 0,48 | 0,73 | 0,97 | 1,21 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 3,2 | 3,6 |  |  |  |
| 0,11 | 0,38 | 0,91 | 1,77 | 4,9 | 10 | 19 | 31 | 48 |  |  |  |
| 16 | 1,73 | 1,09 | 0,76 | 0,56 | 0,32 | 0,19 | 0,10 | 0,04 |  |  |  |  |
| 0,53 | 0,79 | 1,00 | 1,24 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 3,2 |  |  |  |  |
| 0,14 | 0,43 | 0,99 | 1,89 | 5,1 | 11 | 19 | 31 |  |  |  |  |
| 18 | 1,60 | 1,01 | 0,70 | 0,51 | 0,28 | 0,15 | 0,07 | 0,01 |  |  |  |  |
| 0,55 | 0,78 | 1,02 | 1,26 | 1,7 | 2,2 | 2,7 | 3,2 |  |  |  |  |
| 0,16 | 0,48 | 1,06 | 2,0 | 5,2 | 11 | 19 | 31 |  |  |  |  |
| 20 | 1,48 | 0,87 | 0,65 | 0,47 | 0,25 | 0,12 | 0,04 |  |  |  |  |  |
| 0,58 | 0,81 | 1,05 | 1,28 | 1,8 | 2,2 | 2,7 |  |  |  |  |  |
| 0,19 | 0,53 | 1,14 | 2,1 | 5,3 | 11 | 19 |  |  |  |  |  |
| 22 | 1,37 | 0,88 | 0,60 | 0,42 | 0,21 | 0,08 |  |  |  |  |  |  |
| 0,61 | 0,84 | 1,07 | 1,3 | 1,8 | 2,2 |  |  |  |  |  |  |
| 0,22 | 0,59 | 1,22 | 2,2 | 5,6 | 11 |  |  |  |  |  |  |

Изолюксы на условной плоскости (килолюксы).

Прожектор ПСМ-50-1 с лампой Г220-1000

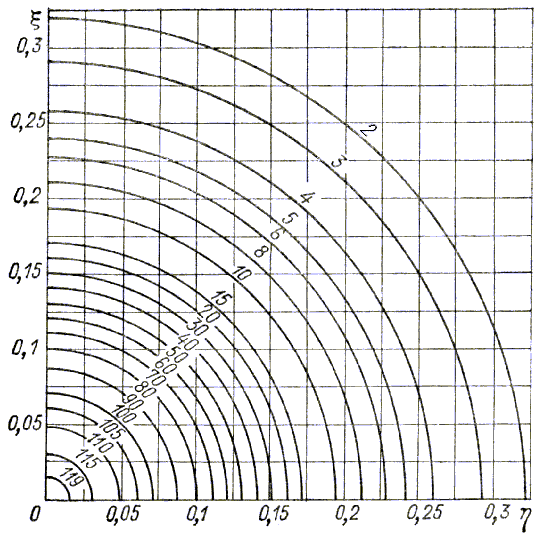


Рис. 9.

Изолюксы на условной плоскости (килолюксы).

Прожектор ПСМ-50-1 с лампой ДРЛ-700

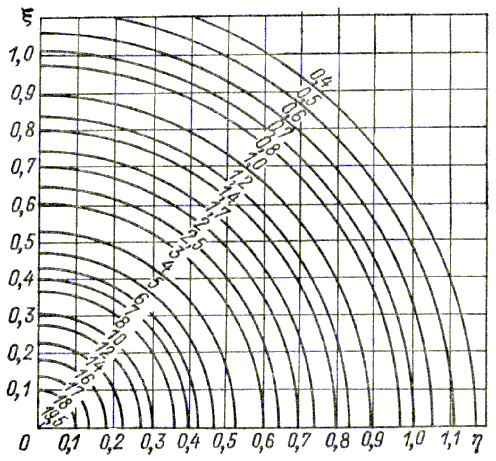


Рис. 10.

Изолюксы на условной плоскости (килолюксы).

Прожектор ПЗС-45 с лампой Г220-1000

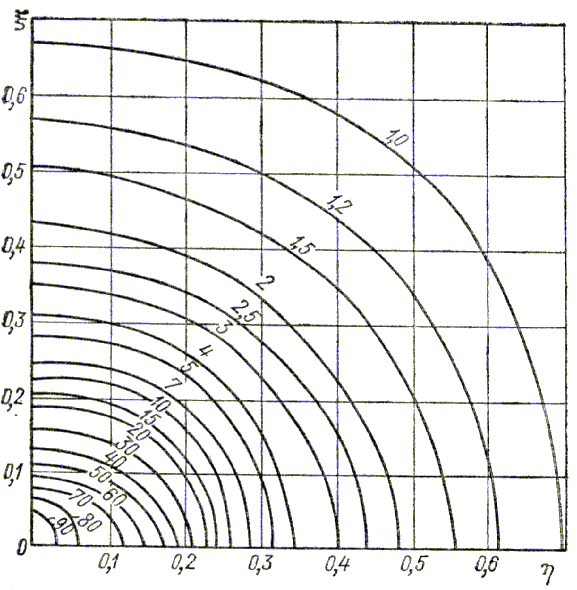


Рис. 11.

Изолюксы на условной плоскости (килолюксы).

Прожектор ПЗС-45 с лампой ДРЛ-700

Рис. 12.

Изолюксы на условной плоскости (килолюксы).

Прожектор ПЗС-35 с лампой Г220-500

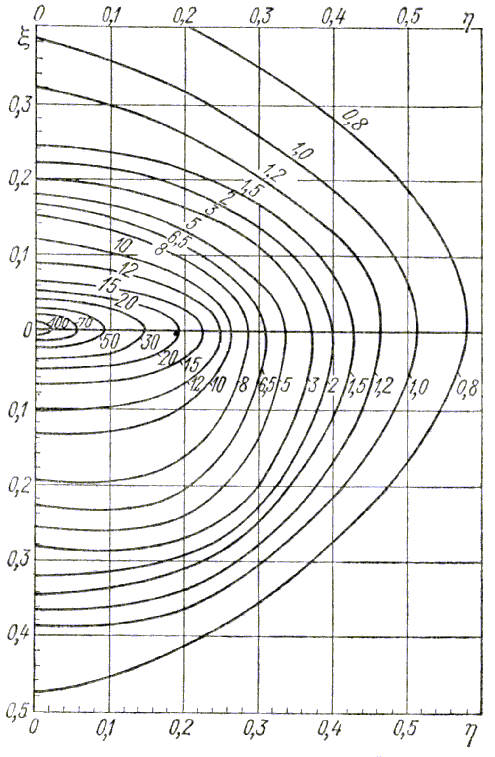


Рис. 13.

Изолюксы на условной плоскости (килолюксы).

Прожектор ПКН-1000-1

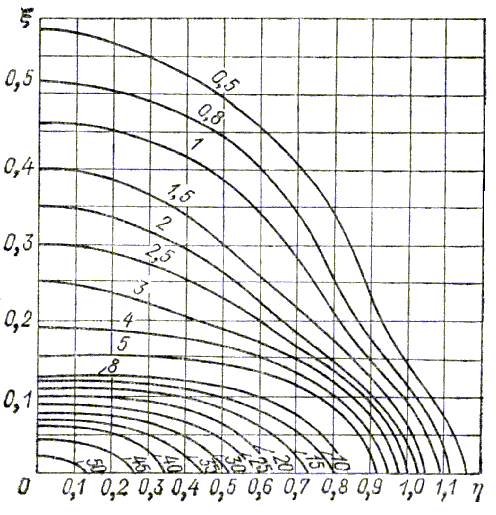


Рис. 14.

Изолюксы на условной плоскости (килолюксы).

Прожектор ИСУ-9000

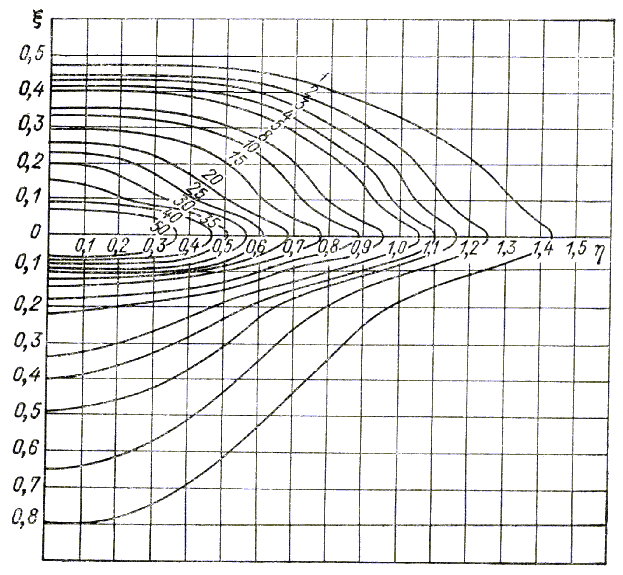


Рис. 15.

Изолюксы на условной плоскости (килолюксы).

Прожектор ПЗР-250 с лампой ДРЛ-250

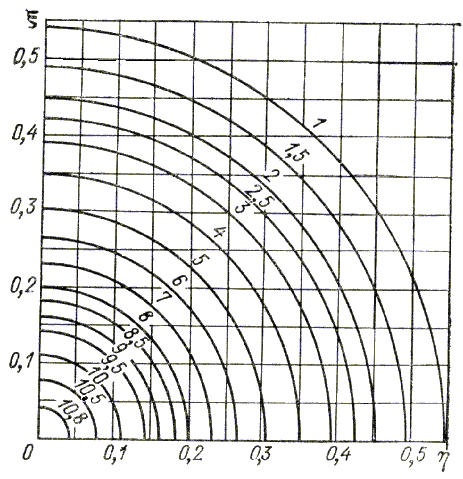


Рис. 16.

Изолюксы на условной плоскости (килолюксы).

Осветительное устройство ОКсН-10000

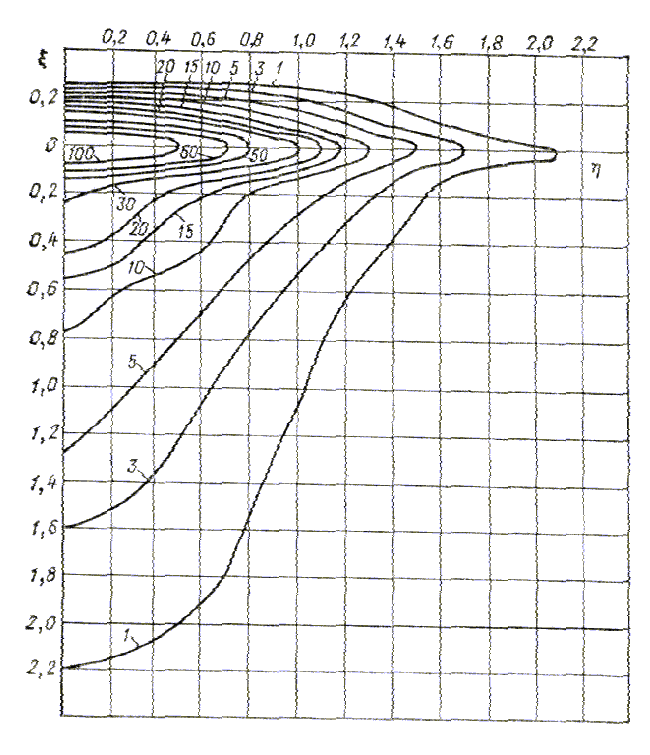


Рис. 17.

Изолюксы на условной плоскости (килолюксы).

Осветительное устройство ОУКсН-20000

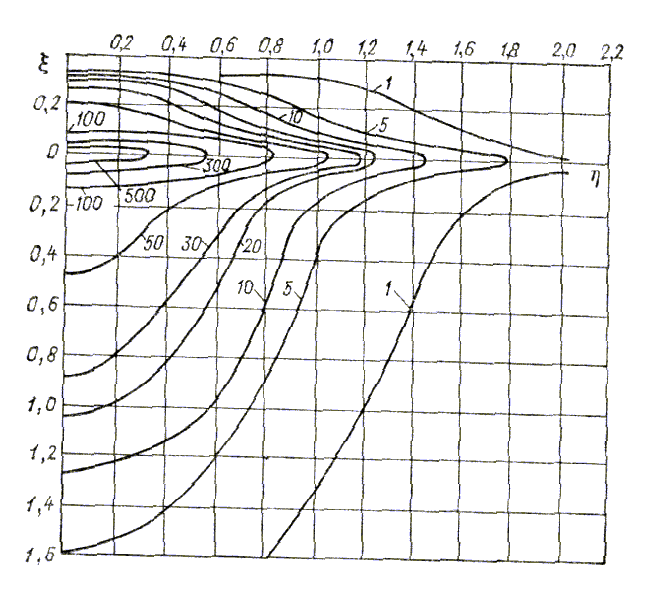


Рис. 18.

Пример 4.

Построить изолюксу е =1 лк горизонтальной освещенности с использованием таблицы 7 для прожектора ПЗС-45, мощность лампы 1000 Вт, высота прожектора h=20 м, θ=20°.

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| x | x / h | ξ | ρ | ρ3 | E | η | y |
| 20 | 1 | 0,47 | 1,28 | 2,1 | 840 | 0,65 | 17 |
| 40 | 2 | 0,12 | 2,20 | 11,9 | 4400 | 0,31 | 14 |
| 60 | 3 | 0,03 | 3,20 | 32,0 | 12800 | 0,25 | 16 |
| 80 | 4 | 0,11 | 4,10 | 68,0 | 27200 | 0,16 | 13 |
| 100 | 5 | 0,15 | 5,00 | 128,0 | 51200 | – | – |

Обычно рассчитывается несколько (2-4) изолюкс для углов θ в пределах 10-35°.

Освещенность любой точки поверхности может юыть определена наложением на нее семейства изолюкс или рассчитана индивидуально.

Собственно расчет прожекторного освещения часто сводится к компоновке изолюкс. Заполнив весь план освещаемой поверхности изолюксами е = Е : 2, где Е – нормируемая освещенность (ГОСТ 12.1.046-85), нужно рассчитать число прожекторов, необходимых для освещения площадки.

Изолюксы можно компоновать в вееры, т. е. размещать прожектора на одной мачте (рис. 19). При этом допускается некоторое наложение изолюкс друг на друга.

Приемлемым является выбор такого веера, у которого точками соприкосновения изолюкс являются точки с наиболее широкими абсциссами. Допускается составление веера из изолюкс с различным углом наклона оптической оси к поверхности.

Практически при расчете намечается расположение мачт, вырезаются кальки изолюксы для различных θ, накалываются точками мачт в намеченное место мачты и путем поворота выбирается вариант, обеспечивающий хорошее заполнение площади при наименьшем числе прожекторов.

# Пример компоновки изолюкс

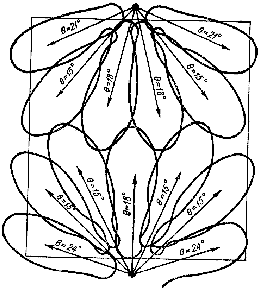


Рис. 19

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г. М. Кнорринга. Л.: Энергия, 1976.-384 с. ил.

2. Тищенко Г. А. Осветительные установки: Учебник для учащихся специальности “Электроосветительные приборы и установки”. – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.

3. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. В. Айзенберга. – М.: Энергоиздат, 1983, – 489 с.

4. СниП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1980.

Приложение 1

# Параметры ламп накаливания и люминесцентных ламп

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Лампы накаливания | | Люминесцентные лампы | |
| Тип | Световой поток, лм | Тип | Световой поток, лм |
| Б 215-225-60 | 715 | ЛДЦ | 820 |
| Б 215-225-100 | 1350 | ЛД-20 | 920 |
| Б 215-225-150 | 2100 | ЛБ-20 | 1180 |
| Б 215-225-200 | 2920 | ЛДЦ-40 | 2100 |
| Г 215-225-300 | 4610 | ЛД-40 | 2340 |
| Г 215-225-500 | 8300 | ЛБ-40 | 3120 |
| Г 215-225-1000 | 18600 | ЛДЦ-80 | 3740 |
| Г 215-225-1500 | 29000 | ЛД-80 | 4070 |

Параметры ламп накаливания для светильников местного освещения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип | Световой поток, лм | Тип | Световой поток, лм |
| МО 12-15 | 200 | МОЗ 36-40 | 350 |
| МО 12-25 | 380 | МОЗ 36-60 | 650 |
| МО 12-40 | 620 | МОЗ 36-100 | 1200 |
| МО 12-60 | 850 | МОД 12-25 | 270 |
| МО 36-25 | 300 | МОД 12-40 | 480 |
| МО 36-40 | 600 | МОД 12-60 | 810 |
| МО 36-60 | 800 | МОД 36-25 | 240 |
| МО 36-100 | 1550 | МОД 36-40 | 400 |
| МОЗ 12-40 | 400 | МОД 36-60 | 720 |
| МОЗ 12-60 | 66- | МОД 36-100 | 1380 |

Примечание. В маркировке ламп накаливания первые два числа обозначают диапазон напряжения, В; третье – мощность, Вт,

МОЗ – зеркальная лампа-светильник;

МОД – лампа-светильник с диффузным отражающим слоем.

# Приложение 2

# Лампы ртутные дуговые высокого давления

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип | Номинальная мощность, Вт | Световой поток, лм |
| ДРЛ-125 | 125 | 6000 |
| ДРЛ-250 | 250 | 13000 |
| ДРЛ-400 | 400 | 23000 |
| ДРЛ-700 | 700 | 39000 |
| ДРЛ-1000 | 1000 | 55000 |

Приложение 3

# Типы светильников и ламп накаливания

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность лампы, Вт | Тип КСС светильника | | | | | | |
| М | Д-1 | Д-2 | Г-1 | Г-3 | Г-4 | К-1 |
| 60 | НСП ОЗ | НПП ОЗ | НПО 01 | - | - | - | - |
|  | КГО 20 | НПО 16 | - | - | - | - | - |
|  | НБО 06 | ПСХ | - | - | - | - | - |
| 100 | НСП 02 | ВЗГ100А | НСП 01 | - | - | - | - |
|  | НПО 20 | НПО 18 | “Астра” | - | - | - | - |
|  | НБО 06 | НПО 30 | ИСП 21 | - | - | - | - |
|  | НСП 18 | ПП 07 | - | - | - | - | - |
|  | НСП 11 | - | - | - | - | - | - |
| 150 | НСО 02 | - | - | Н4БН150 | - | - | - |
|  | НПО 20 | - | - | - | - | - | - |
| 200 | НСП 18 | ППД | ВЗГ/В4А | НВО 07 | НВО 04 | - | - |
|  | НСП 04 | ВЗГ/В4А | НСП 21 | - | - | - | - |
|  | НСП 09 | “ | “ | - | - | - | - |
| 300 | Н4ВЗООМ | СК300 | - | НВО 087 | НВО 04 | - | - |
|  | Н4Т2Н300 | - | - | - | - | - | - |
| 500 | НСП 18 | ППД | НСП 22 | УПД | - | НСП 17 | - |
|  | НСП 11 | - | - | УП 24 | ССП 17 | - | - |
| 1000 | - | - | НСП 22 | УПД | - | ГС | ГК |
| 1500 | - | - | НСП 22 | - | - | ГСУ | РСП 08 |

Приложение 4

# Типы светильников с люминесцентными лампами

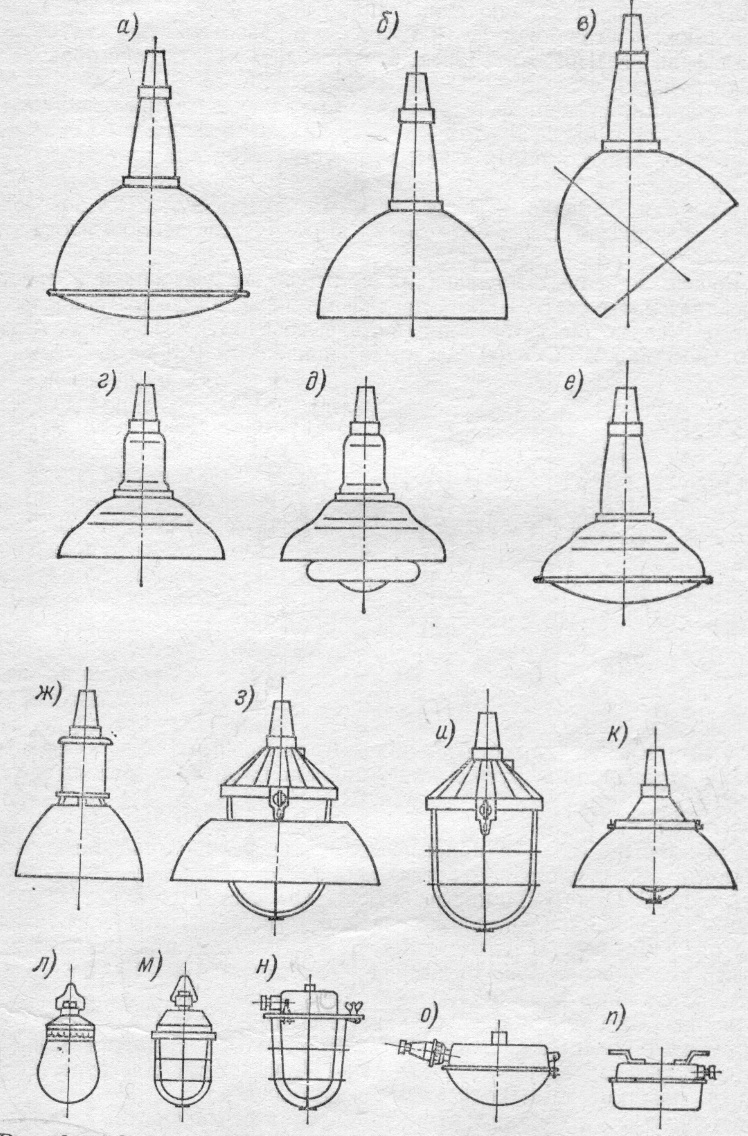
|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность лампы, Вт | Кол-во ламп в светил. | Тип КСС светильника | | | | |
| М | Д-1 | Д-2 | Г-1 | Г-2 |
| 20 | 2 | - | Л2010М | ЛПБ 10 | - | - |
|  | 4 | - | ЛПО 025 | ВЛВ, ЛБОО5 | - | - |
| 40 | 1 | Н4 Т5Л | ПВЛМ | - | НОГЛ | - |
|  |  | НОДЛ | ЛСП 12 | - | Н4 Т4Л | - |
|  |  | РВЛМ | - | - | - | - |
|  |  | РПЛ | - | - | - | - |
|  | 2 | НОДЛ | ПВЛ 1, ПВЛП | ЛД, ОДР, ЛСП 02 | НОГЛ | ЛСО 02, ЛСП 13 |
|  |  | Н4ТБЛ | ЛПО 09, Л2010М, ПВЛМ, ЛПО 025 | УСП, ЛВО 03,  ЛПБ 10 | Н4Т4Л | - |
|  | 4 | - | ЛПО 01 | УСП, ЛВО 05 | ЛВП 33, ЛВП 02, ЛВП 04, ЛВП 31 | ЛСО 2, ЛПО 02, ЛВО 31 |
|  | 6 | - | - | - | - | ЛПО 02, ЛВО 31 |
| 80 | 1 | Н4ТБ5Л | ПВЛМ, ЛСП 12 | - | НОГЛ, Н4Т4Л | - |
|  | 2 | Н4ТБЛ | ПВЛМ, ЛСРП 12 | ЛД, ОДР, ЛСПО2, УСП, ЛВО 03 | НОГЛ, Н4Т4Л | - |
|  | 4 | - | - | ЛВО 03, ЛВО 05 | ЛВПО 02, ЛВП 31, ЛВП 04, ЛВП 33 | ЛПО 02, ЛВО 31 |
|  | 6 | - | - | - | - | ЛПО 02 |

Приложение 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность лампы, Вт | Тип КСС светильника | | | | | | | | |
| М | Д-1 | Д-2 | Г-1 | Г-2 | Г-3 | Г-4 | К-1 | К-2 |
| 125 | - | - | - | СД2, ДРЛ | РСП 18 | - | - | - | - |
| 250 | ППР ДРЛ | - | ППД ДРЛ | СД2ДРЛ | РСП 18 | С3 ДРЛ | ГСП 18 | РСП08 | РСП10 |
|  | - | - | - | - | - | РСП 05 РСП 08 | ЖСП 17 | - | - |
| 400 | - | РСП 11 | - | СД2 ДРЛ | РСП18 | С3 РЛ | ГСП 18 | РСП08 | РСП10 |
|  | - | - | - | РСП 13 | - | РСП 05 | ЖСП 01 | - | - |
|  | - | - | - | РСП 16 | - | РСП 08 | ЖСП 17 | - | - |
| 700 | - | - | - | СД2 ДРЛ | РСП 18 | С3 ДРЛ | ГСП 18 | РСП08 | РСП10 |
|  | - | - | - | РСП 13 | - | РСП 05 | ЖСП 17 | - | - |
|  | - | - | - | РСП 17 | - | РСП 08 | - | - | - |
| 1000 | - | - | - | СД2 ДРЛ | РСП 18 | С3 ДРЛ | ГСП 18 | РСП08 | РСП10 |
|  | - | - | - | РСП 12 | - | РСП 05 | ЖСП 17 | - | - |
|  | - | - | - | РСП 13 | - | РСП 08 | - | - | - |

Приложение 6

Светильники с лампами накаливания для производственных зданий

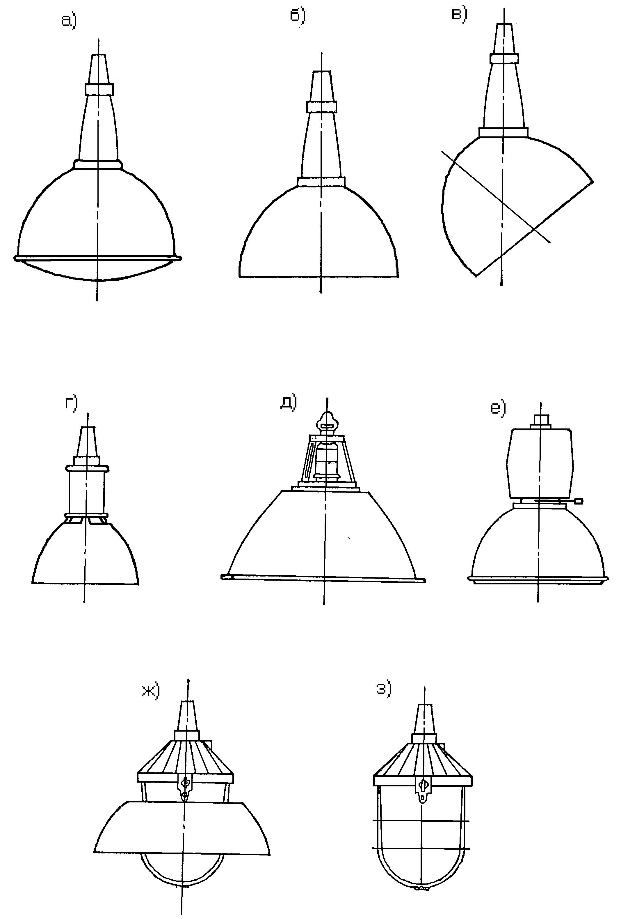


На рисунке:

а – ППД2, “Астра-32”; б – УПД, Гс-М, ГСУ-М, СУ-М, “Астра-1”, “Астра-11”, “Астра-12”; в – УСП, “Астра-2”, “Астра-22”, “Астра-23”, г – УПМ-15; е – УП-24; ж – НСПОГ; з – ППД-500; и – ППР-500; к – ППД-100, ППД-200; л – НСПОЗ; м – НСП02, ППР-100, ППР-200; н – НСР01, НСП09; о – НПП01; п – артикул 135 (ПСХ)

## Приложение 7

Светильники с лампами ДРЛ для производственных помещений.

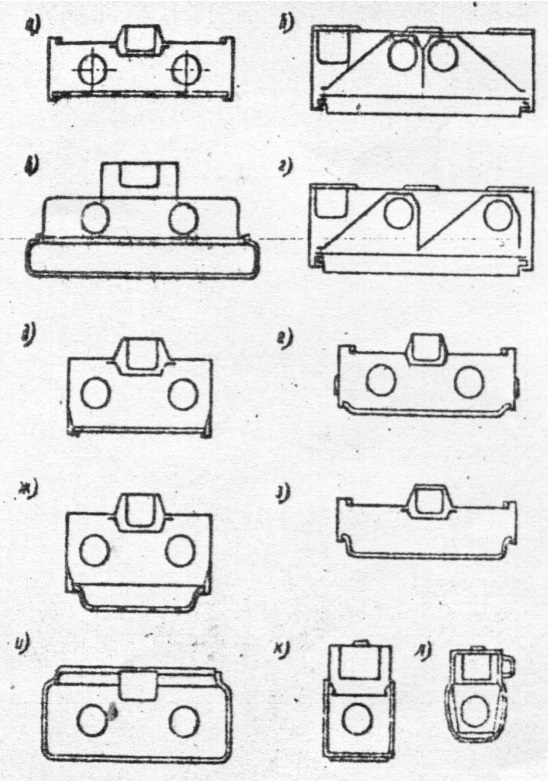


На рисунке:

а – “Астра-32”; б – УПДДРЛ, ГсРМ, ГРМ, СД2РТС, “Астра-12”; в – УПСДРЛ, “Астра-22”, “Астра-23”; г – РСП07; д – С3ДРЛ, СДДРД; е – РСП08; ж – РСП11-001; з – РСП11-002

## Приложение 8

# Схемы светильников с люминесцентными лампами



На рисунке:

а – УСП35; б – ЛП013-001; в – ЛВ001; г – ЛП013-001; д – ЛВ003-001; е- УСП-5; ж – ЛВО03-002; з – УСП11; и – ЛПО02; к – ЛПО03; л – ВЛ-1.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ работа № 9

виброизоляция рабочих мест

*Цель работы:* освоение методики расчета и оценки виброизоляции рабочих мест.

1. Основные теоретические сведения

Одним из наиболее распространенных методов снижения вибраций рабочих мест является виброизоляция, которая достигается установкой упругих элементов —виброизоляторов между источником вибрации и защищаемым объектом.

Эффективность виброизоляции определяется коэффициентом передачи μ, который имеет физический смысл отношения амплитуды перемещения —x0 мм, виброскорости —V0м/с, или виброускорения —a0м/с2 защищаемого объекта к амплитуде (х), виброскорости (V) или ускорению (а) источника возбуждения, т.е.

 μ= x0 / x = V0 / V = a0 / a .

В системах, где можно пренебречь трением, коэффициент передачи может быть рассчитан по формуле

 μ= 1 / [ ( f / f0 ) 2 — 1 ],

где f и f0- частота вынужденных и собственных колебаний соответственно, Гц.

Эффективность виброизоляции зависит от соотношения частоты возбуждения и собственной частоты колебаний системы. Оптимальное соотношение между ними f/f0 = 3 -4, что соответствует μ=1/8 - 1/15.

Частоту собственных колебаний виброизолированной системы можно определить по одной из формул

f0 = (1 / 2π) k / m ; f0= 5 / ,

где k —жесткость виброизолятора, H/см; m —масса виброизолированной системы, кг; λст —статическая осадка виброизолятора, см.

Вынужденную частоту колебаний легко рассчитать, если имеется один источник возбуждения вибраций. Так, для электродвигателя частота вынужденных колебаний f, Гц, будет равна

f = n / 60,

где n —число оборотов электродвигателя в мин.

Виброизоляторы выполняют из стальных пружин, резины, пластмасс и

других материалов. Применяются также комбинированные, резинометаллические, пружино-пластмассовые, пневморезиновые виброизоляторы.

В практической работе студентам предлагается провести расчет виброизоляции рабочего места оператора с помощью пружин и резиновых прокладок, исходя из допустимых значений параметров вибраций на рабочих местах (ГОСТ 12.1.012 –92. Вибрационная безопасность.).

3. Нормирование вибраций

В соответствии с ГОСТ 12.1.012-92.”Вибрационная безопасность” нормируемыми параметрами вибраций на рабочих местах являются среднеквадратичные значения виброскорости (V,м/c), виброускорения (a,м/с2), и их логарифмические уровни.

Для расчетов в данной практической работе используются допустимые по нормам значения виброскорости на среднегеометрических частотах, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1. Допустимые значения виброскорости, V, м/c.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Частота, | Виброскорость, | Частота, | Виброскорость, |
| f, Гц | м/c.10— 2 | f, Гц | м/c.10— 2 |
| 1.6 | 1.3 | 12.5 | 0.20 |
| 2.0 | 1.3 | 16.0 | 0.20 |
| 2.5 | 1.3 | 20.0 | 0.20 |
| 3.15 | 0.45 | 25.0 | 0.20 |
| 4.0 | 0.45 | 31.5 | 0.20 |
| 5.0 | 0.45 | 40.0 | 0.20 |
| 6.3 | 0.22 | 50.0 | 0.20 |
| 8.0 | 0.22 | 63.0 | 0.20 |
| 10.0 | 0.22 | 80.0 | 0.20 |

4. Методика расчета виброизоляций рабочих мест

Цель расчета виброизоляции —определение числа виброизоляляторов и их геометрических характеристик, обеспечивающих снижение вибрации до допустимой величины.

Виброизолированное рабочее место, как правило, представляет собой массивную железобетонную плиту, установленную на виброизоляторы, опирающиеся на колеблющееся основание, рис. 1.

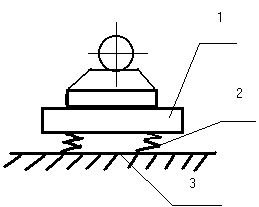


Рис. 1. Принципиальная схема виброизоляции рабочего места: 1 —виброизолированная плита (рабочее место); 2 —виброизоляторы;3 —колеблющееся основание.

Исходными данными для расчета виброизоляции рабочего места являются виброскорость V, м/c на частоте колебаний f, Гц, масса опорной плиты Qп, H, масса человека Qч, H.

В начале расчета независимо от выбранного типа виброизоляторов следует определить:

1. По ГОСТ 12.1.012-92 (табл.1) для заданной частоты вынужденных колебаний f, Гц, допустимую виброскорость рабочего места —Vдоп, м/c .

2. Необходимый для данной системы виброизоляции коэффициент передачи μ

μ = Vдоп / V .

3. Частоту собственных колебаний виброизолированного рабочего места,f, Гц

f0 = f /() .

Далее расчет пружинных и резиновых виброизоляторов осуществляется по раздельным методикам.

*4.1. Расчет пружинных виброизоляторов*

Порядок расчета виброизоляции с использованием пружин следующий.

Последовательно определяются:

1. Статическая деформация пружинных виброизоляторов λст, см

λст = 0,25 /(f0)2.

1. Требуемая суммарная жесткость пружинных виброизоляторов

Kс = Q / λст,,Н/м,

где Q —общий вес виброизолированного рабочего места;Q = Qп+Qч,H

3. Выбираем количество устанавливаемых пружин — n.

4. Жесткость одного виброизолятора K, H/м.

K = Kс / n.

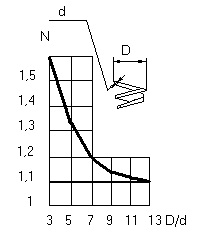
5. Расчетная нагрузка на одну пружину P, H.

P = Q / n.

6. Диаметр проволоки для изготовления пружины d, см

d = 1.6  ,

где N —коэффициент, определяемый по графику, рис.2; c = D/d‑ отношение диаметра пружины к диаметру проволоки, принимается в пределах 4—10; [τ] —допускаемое напряжение на срез (для пружинной стали [τ] =(3—4,5).108 H/cм.

  
Рис.2. График для определения коэффициента N

7. Число рабочих витков пружины i1



где σ —модуль упругости на сдвиг, для стали σ = 8⋅1010 H/м2.

8. Число нерабочих витков пружины i2

i2 = 1.5 при i<7 (на оба торца пружины) i2= 2,5 при i>7

9. Полное число витков пружины i

i = i1 + i2

10. Высота ненагруженной пружины H0, см

H0 = i1h1 + ( i2 + 0.5 )d,

где h1 —шаг пружины, см, принимают h = ( 0.25...0.5 )D; D‑диаметр пружины, см; (D = C⋅d см ).

Для обеспечения устойчивости пружин, работающих на сжатие, необходимо, чтобы H0 / D ≤1.5. В противном случае пружины будут неустойчивыми, и необходим их пересчет.

*4.2. Расчет резиновых виброизоляторов*

Для изготовления виброизоляторов выбираем марку резины и ее характеристики в соответствии с табл.2

Таблица 2.

##### Характеристика резин, используемых для виброизоляторов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Марка  резины | Динамический  модуль  упругости  1⋅105 ,Па | Марка  Резины | Динамический  модуль  Упругости  1⋅105 ,Па |
| 2566 | 38 | 122 | 206 |
| 8508 | 126 | 9831 | 166 |
| 4326 | 226 | 3826 | 236 |
| 4068 | 166 | 2542 | 314 |
| 199 | 196 | 3311 | 250 |
| 56 | 72 | 2959 | 63 |

Порядок расчета резиновых виброизоляторов следующий.

1. Принимаем число виброизоляторов — n.

2. Определяем площадь поперечного сечения всех виброизоляторов Sc, см2

Sc = Q /σ,

где Q = ( Qп + Qч ), H; σ =(2‑ 4)⋅105H/м2- расчетное статическое напряжение в упругом материале виброизолятора.

3. Площадь поперечного сечения одного виброизолятора S, см2

S = Sc / n

4. Суммарная жесткость виброизоляторов Kc, H/см2

Kc = 4π2⋅f02⋅Q / q,

где q = 981 см/c2.

5. Расчетная высота виброизоляторов Hр, cм

Hp = Eд⋅SC / Kc,

где Eд —динамический модуль упругости, Па, табл. 2.

6. Выбираем сечение виброизолятора —квадрат или окружность, исходя из его площади S. Тогда сторона квадрата сечения виброизолятора или его диаметр d, cм, определяется как

d = или d = 2

7. Полная высота виброизолятора Н, см

H = Hр + d / 8.

8. Резиновые виброизоляторы сохраняют устойчивость от опрокидывания в процессе эксплуатации при условии H<d< 1.5—2,5 H.

Если это условие не выполняется, необходимо провести перерасчет виброизоляторов.

5. Порядок выполнения работы

1. Рассчитать пружинные виброизоляторы в соответствии с п.4.1 настоящих указаний.

Таблица 3

Исходные данные для расчетов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | V, м/c | Qч, кг | Qп, кг | f, Гц | Марка резины |
| 1 | 0,160 | 60 | 200 | 1.6 | 2566 |
| 2 | 0,180 | 70 | 300 | 2.0 | 8508 |
| 3 | 0,120 | 80 | 310 | 2.5 | 122 |
| 4 | 0,070 | 65 | 220 | 3.15 | 4068 |
| 5 | 0,080 | 75 | 320 | 4.0 | 199 |
| 6 | 0,085 | 85 | 210 | 5.0 | 3311 |
| 7 | 0,040 | 60 | 250 | 6.3 | 4326 |
| 8 | 0,045 | 70 | 220 | 8.0 | 3826 |
| 9 | 0,050 | 80 | 330 | 10.0 | 2542 |
| 10 | 0,030 | 65 | 280 | 12.5 | 3311 |
| 11 | 0,035 | 75 | 270 | 16.0 | 2959 |
| 12 | 0,040 | 85 | 290 | 20.0 | 9831 |
| 13 | 0,030 | 60 | 300 | 25.0 | 2566 |
| 14 | 0,035 | 70 | 260 | 31.5 | 8508 |
| 15 | 0,040 | 80 | 290 | 40.0 | 4326 |
| 16 | 0,025 | 65 | 250 | 50.0 | 4068 |
| 17 | 0,028 | 75 | 240 | 63.0 | 199 |
| 18 | 0,030 | 85 | 230 | 80.0 | 56 |
| 19 | 0,032 | 60 | 340 | 10.0 | 122 |
| 20 | 0,035 | 70 | 350 | 12.5 | 9831 |
| 21 | 0,038 | 80 | 220 | 16.0 | 3826 |
| 22 | 0,040 | 65 | 240 | 20.0 | 2542 |
| 23 | 0,042 | 75 | 300 | 25.0 | 3311 |
| 24 | 0,045 | 85 | 310 | 31.5 | 2959 |
| 25 | 0,047 | 80 | 330 | 63.0 | 2566 |

2. Рассчитать резиновые виброизоляторы в соответствии с п.4.2.

Расчеты проводятся по вариантам, которые выдаются преподавателем. Исходные данные для расчетов в соответствии с вариантом приведены в таблице 3.

6. Оформление отчета

Отчет должен содержать название, цель работы, исходные данные для

расчетов, последовательный расчет, выводы по расчетам.

Вопросы самоконтроля .

1. Что Вы понимаете под виброизоляцией ?

2. Какие материалы или конструкции применяются в качестве виброизоляторов ?

3. Каким показателем оценивается эффективность виброизоляции? Каков его физический смысл?

4. Назовите нормируемые параметры вибраций на рабочих местах.

5. Каким будет значение коэффициента передачи в условиях резонанса работы механизма?