

**ОХРАНА ТРУДА.  
ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ  
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ  
САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ  
УСЛОВИЙ ТРУДА**

**Учебно-методическое пособие  
для студентов всех специальностей**

Минск БГТУ 2006

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**ОХРАНА ТРУДА.  
ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ  
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ  
САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ  
УСЛОВИЙ ТРУДА**

**Учебно-методическое пособие  
для студентов всех специальностей**

Минск 2006

УДК 331.451(075.8)  
ББК 65.9(2)248я7  
О-92

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом университета

Составители:

*В. М. Сацура, А. А. Челноков, И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик*

Рецензенты:

доцент кафедры химической переработки древесины БГТУ,  
кандидат технических наук *В. С. Болтовский*;  
доцент кафедры технологии важнейших отраслей промышленности  
БГЭУ, кандидат технических наук *Е. В. Перминов*

**Охрана труда. Инженерные расчеты по обеспечению  
О-92 санитарно-гигиенических условий труда : учеб.-метод.  
пособие для студентов всех специальностей / сост. В. М. Са-  
цура [и др.]. – Мн. : БГТУ, 2006. – 88 с.**

ISBN 985-434-637-4

Пособие содержит теоретические основы по созданию здоровых и безопасных условий труда, а также типовые методики расчетов санитарно-гигиенических условий труда.

УДК 331.451(075.8)  
ББК 65.9(2)248я7

ISBN 985-434-637-4

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2006

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Неудовлетворительное состояние условий и охраны труда отрицательно сказывается на жизнедеятельности работников, их здоровье, продолжительности жизни и вызывает дальнейшее ухудшение демографической ситуации в республике.

Наряду с указанными социальными последствиями общество несет и большие экономические потери. Ежегодные страховые выплаты по обязательному страхованию от несчастных случаев и профессиональных заболеваний в республике составляют более 50 млрд. руб., затраты на компенсации по условиям труда – 270 млрд. руб.

Поэтому создание безопасных и безвредных условий труда на производстве является общегосударственной задачей и предметом особого внимания управленческих и профсоюзных органов Республики Беларусь. Концепция государственного управления охраной труда, утвержденная Советом Министров Республики Беларусь в 2005 г., нацеливает нанимателей на профилактику травматизма и обеспечение здоровых и безопасных условий труда для всех трудящихся. Решение поставленной задачи в значительной степени зависит от качества подготовки руководителей и специалистов в области охраны труда, которые должны не только владеть научными основами безопасной организации производства, но и пользоваться инженерными методами расчета необходимых коллективных средств защиты.

В настоящем пособии приведены методы расчета вентиляции, освещения, звукоизоляции, бытовых помещений и других средств по обеспечению нормативных санитарно-гигиенических условий труда на производстве.

Учебно-методическое пособие может быть использовано студентами очной и заочной форм обучения для практических занятий, выполнения дипломных проектов и контрольных работ.

# 1. БЫТОВЫЕ ЗДАНИЯ И ПОМЕЩЕНИЯ

## 1.1. Общие положения

Административные и бытовые помещения следует размещать в отдельно стоящих зданиях или пристройках к производственным зданиям, а также во встройках и вставках производственных зданий I–V степеней огнестойкости категорий В1–В4, Г1, Г2 и Д по взрывопожарной и пожарной опасности [1].

Помещения для мастеров и другого персонала; помещения для отдыха, обогрева или охлаждения; помещения курительных, уборных, умывальных, ручных ванн, полудушей, устройств питьевого водоснабжения и личной гигиены женщин, которые по условиям производства требуется располагать вблизи рабочих мест, допускается устраивать непосредственно в производственных зданиях, размещая их рассредоточено.

Сообщение между отдельно стоящими бытовыми зданиями и отопляемыми производственными зданиями следует предусматривать по отопляемым переходам.

Отопляемые переходы допускается не предусматривать в производственных зданиях с численностью работающих не более 30 чел. в смену. При этом в производственных зданиях следует устраивать помещения для хранения теплой верхней одежды. Кроме того, отопляемые переходы допускается не предусматривать в производственных зданиях с группой производственных процессов 2г.

При проектировании зданий и помещений наряду с требованиями СНБ 3.02.03–03 следует также учитывать требования по обеспечению эвакуации людей из зданий и помещений при пожаре в соответствии с СНБ 2.02.02–01, СНБ 2.02.03–03 и требования других нормативно-технических документов, утвержденных в установленном порядке [2, 3, 4].

В соответствии с СНБ 3.02.03–03 в бытовых зданиях предприятий следует размещать помещения для обслуживания работающих: санитарно-бытовые, здравоохранения и общественного питания.

Для расчета площади, оборудования и устройств бытовых помещений в технологической части проекта должны быть установлены следующие численности работающих: списочная, в наиболее многочисленной смене, а также в наиболее многочисленной части

смены при разнице в начале и окончании смены 1 ч и более. В численности работающих должно быть учтено количество практикантов, проходящих производственное обучение.

Минимальные геометрические параметры, расстояния между осями санитарных приборов и ширину проходов между рядами оборудования бытовых помещений, а также между рядами оборудования и стеной или перегородкой следует принимать по табл. 1.

**Табл. 1. Геометрические размеры и требования к расположению санитарных приборов**

Наименование	Значение, м
<b>Размеры в плане</b>	
Кабины:	
душевых (открытые), душевых со сквозным проходом, полудушей	0,9×0,9 (1,2×0,9)*
душевых (закрытые)	1,8×0,9 (1,8×1,8)
уборных	1,2×0,8 (1,8×1,65)
личной гигиены женщин	1,8×1,2 (1,8×2,6)
фотариев	0,9×0,7
Скамьи в гардеробных	0,3×0,8 (0,6×0,8)
Устройство питьевого водоснабжения	0,5×0,7
Отделения шкафов в гардеробных для уличной и домашней одежды	0,25×0,50 (0,4×0,5)
Отделения шкафов в гардеробных для специальной одежды и обуви (далее – спецодежды**):	
при обычном составе спецодежды	0,25×0,50
при расширенном составе спецодежды	0,33×0,50
при громоздкой спецодежде	0,40×0,50
<b>Размеры по высоте</b>	
Разделительные перегородки кабин душевых, полудушей и уборных:	
от пола до верха перегородки	1,80
от пола до низа перегородки	0,20
Отделения шкафов для хранения одежды	1,65
<b>Расстояние между осями санитарных приборов в ряду</b>	
Умывальники одиночные	0,65
Писсуары, ножные и ручные ванны	0,70
<b>Расстояние между осью крайнего санитарного прибора в ряду и стеной или перегородкой</b>	
Умывальники одиночные	0,45
Писсуары, ножные и ручные ванны	0,50

Наименование	Значение, м
<b>Ширина проходов между рядами</b>	
Кабины душевые открытые, кабины уборных, писсуары, при количестве в ряду: до 6 включ. св. 6	1,5 (1,8) 2,0 (2,4)
Кабины душевые закрытые, умывальники групповые	1,2 (1,8)
Умывальники одиночные, при количестве в ряду: до 6 включ. св. 6	1,8 2,0
Кабины личной гигиены женщин, ручные и ножные ванны, кабины фотариев	2,0
Шкафы гардеробных для хранения одежды со скамьями, при числе отделений в ряду: в тупиковом проходе: до 12 включ. св. 12 до 24 включ. в сквозном проходе: до 18 включ. св. 18 до 36 включ.	1,4 (2,4) 2,0 (2,4) 1,4 (2,4) 2,0 (2,4)
Шкафы гардеробных для хранения одежды без скамей, при числе отделений в ряду: в тупиковом проходе: до 12 включ. св. 12 до 24 включ. в сквозном проходе: до 18 включ. св. 18 до 36 включ.	1,0 (1,8) 1,4 (1,8) 1,0 (1,8) 1,4 (1,8)
<b>Ширина проходов между стеной или перегородкой и рядами</b>	
Кабины душевые открытые, при количестве в ряду: до 6 включ. св. 6	1,0 (1,8) 1,5 (1,8)
Кабины душевые закрытые, умывальники групповые	1,0 (1,8)
Кабины уборных, писсуары, кабины личной гигиены женщин, кабины фотариев	1,3 (1,8)
Умывальники одиночные, при количестве в ряду: до 6 включ. св. 6	1,35 (1,8) 1,5 (1,8)
Ручные и ножные ванны	1,2 (1,8)

Наименование	Значение, м
Шкафы гардеробных для хранения одежды со скамьями, при числе отделений в ряду:	
в тупиковом проходе:	
до 12 включ.	1,0 (1,8)
св. 12 до 24 включ.	1,2 (1,8)
в сквозном проходе:	
до 18 включ.	1,0 (1,8)
св. 18 до 36 включ.	1,2 (1,8)
Шкафы гардеробных для хранения одежды без скамей	1,0 (1,8)

\* В скобках даны показатели для зданий, в которых используется труд инвалидов с нарушением опорно-двигательного аппарата.

\*\* К обычному составу спецодежды относятся: фартуки, халаты, куртки, легкие комбинезоны. К расширенному составу спецодежды относится спецодежда обычного состава, дополненная нательным бельем, носками, сапогами, средствами индивидуальной защиты. К громоздкой спецодежде относится спецодежда расширенного состава, дополненная утепленной одеждой и обувью (ватные куртки, полушубки, валенки и т. д.) или специальными комбинезонами.

В составе санитарно-бытовых помещений могут быть предусмотрены гардеробные, душевые, преддушевые, умывальные, уборные, курительные, помещения для обогрева или охлаждения, помещения обработки, хранения и выдачи спецодежды, а также в соответствии с ведомственными нормативными документами другие дополнительные помещения санитарно-бытового назначения.

Санитарно-бытовые помещения (тип гардеробных, оборудование, состав специальных бытовых помещений) должны проектироваться в зависимости от групп производственных процессов согласно табл. 2.

Перечень профессий с отнесением их к группам производственных процессов утверждается министерствами и ведомствами по согласованию с Министерством здравоохранения Республики Беларусь и руководящими органами отраслевых профсоюзов.

Гардеробные предназначаются для хранения уличной, домашней и спецодежды.

При производственных процессах групп 1а, 1б, 2а, 2б и 3а гардеробные должны быть общими для всех видов одежды.

При производственных процессах групп 1в, 2в, 2г и 3б должны предусматриваться отдельные гардеробные для спецодежды для каждой из указанных групп.



Гардеробные уличной и домашней одежды могут быть общими для всех групп производственных процессов.

Табл. 2. Требования по проектированию санитарно-бытовых помещений

Группа производственных процессов	Санитарная характеристика производственных процессов	Расчетное число человек		Тип гардеробных, число отделений шкафа на 1 чел.	Специальные бытовые помещения и устройства
		на 1 душевую сетку	на 1 кран		
1	2	3	4	5	6
1	Производственные процессы с незначительными избытками явного тепла и пыли, вызывающие загрязнение веществами III и IV классов опасности:				
1а	только рук	25	7	Общие, одно отделение	–
1б	тела и спецодежды	15	10	Общие, два отделения	–
1в	тела и спецодежды, удаляемые с применением специальных моющих средств	5	20	Раздельные, по одному отделению в каждой из гардеробных	Стирка или химчистка спецодежды
2	Производственные процессы, протекающие при значительных избытках явного тепла или выделений влаги, а также при неблагоприятных метеорологических условиях:				
2а	при избытках явного конвекционного тепла	7	20	Общие, два отделения	Помещения для охлаждения
2б	при избытках явного лучистого тепла	3	20	То же	То же
2в	связанные с воздействием влаги, вызывающей намокание спецодежды	5	20	Раздельные, по одному отделению в каждой из гардеробных	Сушка спецодежды
2г	при температуре воздуха до 10°C, включая работы на открытом воздухе	5	20	То же	Помещения для обогрева и сушка спецодежды

1	2	3	4	5	6
3	Производственные процессы с резко выраженными вредными факторами, вызывающие загрязнение веществами I и II классов опасности, обладающими стойким запахом:				
3а	только рук	7	10	Общие, одно отделение	–
3б	тела и спецодежды	3	10	Раздельные, по одному отделению в каждой из гардеробных	Химчистка спецодежды; искусственная вентиляция мест хранения спецодежды
4	Производственные процессы, требующие особого режима по чистоте и стерильности при изготовлении продукции	В соответствии с ведомственными нормативными документами			

*Примечания:* 1. В случаях когда производственные процессы одной группы содержат санитарные характеристики другой группы, следует тип гардеробных, число душевых сеток и кранов умывальных предусматривать по группе с наивысшими требованиями, а состав специальных бытовых помещений и устройств принимать по суммарным требованиям.

2. При производственных процессах группы 1а душевые и шкафы в гардеробных допускается не предусматривать.

3. При производственных процессах групп 1б и 3а скамьи у шкафов в гардеробных допускается не предусматривать.

4. При любых производственных процессах с выделением пыли или вредных веществ в гардеробных должны быть предусмотрены респираторные, рассчитанные на списочную численность работающих, пользующихся респираторами или противогазами, а также помещения и устройства для обеспыливания или обезвреживания спецодежды, рассчитанные на численность работающих в наиболее многочисленной смене.

5. Санитарно-бытовые помещения при работах с радиоактивными и инфицирующими материалами, а также с веществами, опасными для человека при поступлении через кожу, следует проектировать в соответствии с ведомственными нормативными документами.

6. Классы опасности веществ следует принимать по СанПиН 11–19–94, вредные вещества – по ГОСТ 12.0.003 [5, 6].

Для всех групп производственных процессов при списочной численности работающих на предприятии до 50 чел. допускается предусматривать общие гардеробные для всех видов одежды.

В гардеробных количество отделений в шкафах или крючков вешалок для домашней и спецодежды следует принимать равным списочной численности работающих, для уличной одежды – численности работающих в двух наиболее многочисленных смежных сменах.

При общих гардеробных или гардеробных уличной и домашней одежды следует предусматривать кладовые для хранения чистой и загрязненной спецодежды, помещения для дежурного персонала с местом для уборочного инвентаря, места для чистки обуви, глажения одежды, бритья, сушки волос и маникюра, а также уборные на одну-две напольные чаши (унитаза), если на расстоянии до 30 м от выхода из гардеробной не предусмотрены уборные общего пользования.

Кладовые спецодежды для групп производственных процессов 1 и 2а при численности работающих в наиболее многочисленной смене до 20 чел. допускается не предусматривать.

Число душевых сеток, кранов умывальных и специальных бытовых устройств, предусмотренных табл. 2, следует принимать по численности работающих в наиболее многочисленной смене или в наиболее многочисленной части смены при разнице в начале и окончании смены 1 ч и более.

Душевые должны размещаться смежно с гардеробными. При душевых с количеством душевых сеток более четырех следует предусматривать преддушевые, предназначенные для вытирания тела, а при душевых в общих гардеробных – также и для переодевания.

Душевые должны быть оборудованы открытыми душевыми кабинами, ограждаемыми с трех сторон, а при производственных процессах групп 1в и 3б – открытыми душевыми кабинами со сквозными проходами, ограждаемыми с двух противоположных сторон. До 20% общего количества душевых кабин допускается предусматривать закрытыми с входами из гардеробных или преддушевых.

В душевой должно быть не более 30 душевых сеток.

Умывальные должны размещаться смежно с общими гардеробными или гардеробными спецодежды. Допускается установка умывальников непосредственно в указанных гардеробных на предусматриваемых для этой цели площадях.

До 40% расчетного количества умывальников допускается

размещать вблизи рабочих мест в производственных помещениях, в том числе в тамбурах при уборных.

Уборные в многоэтажных административных, бытовых и производственных зданиях должны быть на каждом этаже.

При численности работающих на двух смежных этажах не более 30 чел. допускается предусматривать уборные только на этаже с наибольшей численностью работающих.

При численности работающих на трех смежных этажах не более 10 чел. допускается предусматривать уборную на одном из этажей.

При численности работающих в наиболее многочисленной смене не более 15 чел. допускается предусматривать общую уборную для мужчин и женщин.

В мужских уборных следует применять, как правило, индивидуальные писсуары, количество которых должно быть равно количеству напольных чаш (унитазов), а при нечетном общем количестве санитарных приборов – на один больше. В соответствии с ведомственными нормами допускается предусматривать лотковые писсуары.

При количестве мужчин не более 15 чел. писсуар в уборной предусматривать не требуется.

Общее количество санитарных приборов (напольных чаш (унитазов) и писсуаров) в одной уборной должно быть не более 16.

Вход в уборную следует устраивать через тамбур с самозакрывающейся дверью.

Курительные следует предусматривать в случаях, когда по условиям пожарной безопасности или специфики производства курение в производственных помещениях или на площадке предприятия не допускается, а также при объеме производственного помещения менее 50 м<sup>3</sup> на одного работающего.

Курительные следует размещать смежно с помещениями для отдыха в рабочее время или с уборными.

Расстояние до уборных, курительных, помещений для обогрева или охлаждения, полудушей, устройств питьевого водоснабжения от рабочих мест в производственных зданиях должно быть не более 75 м, а от рабочих мест на площадке предприятия – не более 150 м.

Нормы площади помещений на 1 чел., единицу оборудования, а также расчетное число работающих, обслуживаемых в наиболее многочисленную смену, на единицу оборудования в санитарно-бытовых помещениях следует принимать по табл. 3.

**Табл. 3. Нормы площади помещений на одного человека  
и единицу оборудования**

Помещение	Значение, м <sup>2</sup>
Площадь помещений на 1 чел. численности работающих в двух наиболее многочисленных смежных сменах	
Гардеробные уличной одежды	0,1
Площадь помещений на 1 чел. численности работающих в наиболее многочисленной смене	
Раздаточные спецодежды, включая площадь для посетителей	0,3
Кладовые для хранения чистой или загрязненной спецодежды:	
при обычном составе спецодежды	0,04
при расширенном составе спецодежды	0,06
при громоздкой спецодежде	0,08
Помещения дежурного персонала с местом для уборочного инвентаря	0,02
Места для чистки обуви, глажения одежды, бритья, сушки волос и маникюра	0,02/0,03
Помещения для сушки, обеспыливания или обезвреживания спецодежды	0,15
Помещения для стирки спецодежды, включая мытье специальной обуви и касок	0,3
Помещения для обогрева или охлаждения	0,1
Курительные при помещениях для отдыха в рабочее время или уборных	0,03/0,01
Площадь помещений на 1 чел. списочной численности работающих, пользующихся соответствующими средствами защиты	
Респираторные	0,15
Помещения централизованного склада спецодежды и средств индивидуальной защиты:	
для выдачи, включая кабины для примерки	0,02
для хранения	0,06
Площадь помещений на единицу оборудования	
Преддушевые	0,7 (1,0)
Тамбуры при уборных	0,4 (0,6)
Напольные чаши (унитазы) и писсуары уборных:	
в производственных зданиях	18/12
в административных зданиях	45/30
при гардеробных, столовых, залах совещаний	100/60
Умывальники и электрополотенца в тамбурах уборных:	
в производственных зданиях	72/48
в административных зданиях	40/27

Помещение	Значение, м <sup>2</sup>
Устройства питьевого водоснабжения в зависимости от групп производственных процессов:	
1а, 1б, 1в, 2в, 2г, 3а, 3б, 4	200
2б, 2в	100
Полудуши	15

*Примечания:* 1. Площадь гардеробных уличной одежды при самообслуживании следует увеличивать на 25%.

2. В числителе даны показатели для мужчин, в знаменателе – для женщин.

3. При числе работающих в наиболее многочисленную смену на единицу оборудования менее расчетного следует принимать одну единицу оборудования.

## 1.2. Порядок расчета бытовых помещений

1. Определить среднесписочное число работающих, в том числе мужчин и женщин.

2. Установить максимальное количество работающих в смену, в том числе мужчин и женщин.

3. Определить необходимость и процент увеличения численности гардеробных шкафов с учетом числа практикантов и обучающихся.

4. Установить группу производственных процессов.

5. В соответствии с группой производственного процесса по СНБ 3.02.03–03 определить потребность в санитарно-бытовом оборудовании и площади для их размещения.

6. Данные расчетов по мужскому и женскому отделениям свести в табл. 4.

Табл. 4. Состав и площадь бытовых помещений

Наименование бытового помещения	Норма по СНБ 3.02.03–03	Потребность в оборудовании	Площадь, м <sup>2</sup>
Мужское отделение			
1. Гардеробные			
2. Душевые			
3. Умывальные			
4. Санузлы			

## 2. ЕСТЕСТВЕННОЕ И СОВМЕЩЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

### 2.1. Общие положения

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. При проектировании естественного освещения помещений вновь строящихся и реконструируемых зданий и сооружений различного назначения должны соблюдаться требования СНБ 2.04.05–98 [7].

Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены строительными нормами на проектирование зданий и сооружений, нормативными документами по строительному проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности, утвержденными в установленном порядке, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных и цокольных этажах зданий.

Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое).

В небольших помещениях при одностороннем боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, а при двустороннем боковом освещении – в точке посередине помещения. В крупногабаритных производственных помещениях при боковом освещении минимальное значение КЕО нормируется в точке, удаленной от световых проемов:

- на 1,5 высоты помещения для работ I–IV разрядов;
- на 2 высоты помещения для работ V–VII разрядов;
- на 3 высоты помещения для работ VIII разряда.

При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

Допускается деление помещения на зоны с боковым освещением (зоны, примыкающие к наружным стенам с окнами) и зоны с верхним освещением. Нормирование и расчет естественного осве-

щения в каждой зоне производятся независимо.

При ширине здания до 12 м рекомендуется боковое одностороннее освещение, от 12 до 24 м – боковое двухстороннее, свыше 24 м – комбинированное освещение.

В производственных помещениях со зрительной работой I–III разрядов следует устраивать совмещенное освещение.

Нормированные значения КЕО  $e_N$  для зданий, располагаемых в различных районах, следует определять по формулам:

– при расчете потребности в оконных проемах

$$e_N = e_n \cdot m_N ; \quad (1)$$

– при расчете высоты фонарей для верхнего освещения

$$e_{Nф} = e_{нф} \cdot m_{Nф} . \quad (2)$$

где  $e_n$ ,  $e_{нф}$  – нормированные значения КЕО (прил. 5);  $m_N$ ,  $m_{Nф}$  – коэффициент светового климата (табл. 5);  $N$  – номер группы обеспеченности естественным светом (табл. 6).

Полученные по формулам (1), (2) значения следует округлять до десятых долей. Если за счет световых проемов здания не удастся обеспечить нормативное значение КЕО для данного разряда работ, применяется совмещенное освещение, представляющее собой сочетание естественного и искусственного освещения.

Совмещенное освещение помещений производственных зданий следует предусматривать:

а) для производственных помещений, в которых выполняются работы I–III разрядов;

б) для производственных и других помещений в случаях, когда по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормированное значение КЕО (многоэтажные здания большой ширины, одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т. п.), а также в случаях, когда технико-экономическая целесообразность совмещенного освещения по сравнению с естественным подтверждена соответствующими расчетами;

в) согласно нормативным документам по строительному проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности, утвержденным в установленном порядке.

Нормированные значения КЕО для производственных помещений должны приниматься как для совмещенного освещения по прил. 5.



Табл. 5. Коэффициент *t* светового климата

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Номер группы административных районов стран СНГ																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
В наружных стенах зданий	С	0,75	0,75	0,9	1	0,8	1	0,9	0,75	0,75	0,7	0,9	1	0,9	1,1	1,2	0,8	0,7	0,7	0,7	0,85	0,9
	СВ, СЗ	0,75	0,75	0,9	1	0,8	1	0,9	0,75	0,7	0,7	0,85	1	0,9	1,1	1,2	0,8	0,7	0,65	0,7	0,85	0,9
	З, В	0,7	0,7	0,9	1	0,75	0,9	0,8	0,7	0,65	0,7	0,8	1	0,9	1,1	1,1	0,8	0,65	0,6	0,65	0,8	0,85
	ЮВ, ЮЗ	0,7	0,7	0,85	1	0,75	0,9	0,8	0,7	0,65	0,7	0,8	1	0,85	1	1,1	0,8	0,65	0,6	0,65	0,8	0,85
	Ю	0,7	0,7	0,85	0,95	0,75	0,9	0,8	0,7	0,65	0,7	0,8	1	0,85	1	1,1	0,75	0,65	0,6	0,65	0,75	0,85
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	С–Ю	0,65	0,7	0,9	1	0,75	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	1	0,9	1,1	1,2	0,75	0,65	0,6	0,65	0,8	0,8
	СВ–ЮЗ ЮВ–СЗ	0,65	0,7	0,9	1	0,7	0,9	0,85	0,8	0,75	0,65	0,8	1	0,9	1,2	1,2	0,7	0,6	0,55	0,6	0,75	0,8
	В–З	0,6	0,65	0,85	1	0,7	0,85	0,8	0,75	0,7	0,6	0,75	1	0,9	1,1	1,2	0,7	0,5	0,5	0,55	0,7	0,75
В фонарях типа «Шед»	С	0,7	0,7	0,9	1	0,7	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,85	1	0,9	1,2	1,2	0,7	0,65	0,65	0,65	0,8	0,8
В зенитных фонарях	–	0,55	0,6	1	1	0,6	0,8	0,8	0,75	0,7	0,6	0,75	1	0,9	1,2	1,2	0,75	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8

Примечания: 1. С – северная; СВ – северо-восточная; СЗ – северо-западная; В – восточная; З – западная; С–Ю – север – юг; В–З – восток – запад; Ю – южная; ЮВ – юго-восточная; ЮЗ – юго-западная.

2. Группы административных районов стран СНГ по ресурсам светового климата приведены в табл. 6.

Табл. 6. Группы административных районов стран СНГ по ресурсам светового климата\*

Номер группы	Государство, административный район
1	Азербайджанская Республика
2	Республика Армения
3	Республика Беларусь
4	Брестская, Гомельская области Остальная территория республики

\* Приведены основные административные районы и государства.

Для производственных помещений допускается нормированные значения КЕО  $e_n$  принимать в соответствии с табл. 7:

а) в районах с температурой наиболее холодной пятидневки  $-27^{\circ}\text{C}$  и ниже по климатическим строительным нормам;

б) в помещениях с боковым освещением, глубина которых по условиям технологии или выбора рациональных объемно-планировочных решений не позволяет обеспечить нормированное значение КЕО, указанное в прил. 5 для совмещенного освещения;

в) в помещениях, в которых выполняются работы I–III разрядов.

Табл. 7. Наименьшее нормированное значение КЕО  $e_n$  при совмещенном освещении, %

Разряд зрительных работ	Освещение	
	верхнее или комбинированное	боковое
I	3,0	1,2
II	2,5	1,0
III	2,0	0,7
IV	1,5	0,5
V и VII	1,0	0,3
VI	0,7	0,2

## 2.2. Методика расчета

Для расчета естественного освещения необходимы следующие основные данные: размеры помещения (длина, ширина, высота); характеристика зрительных работ (наименьший размер объекта различения, мм); вид освещения (боковое, верхнее, комбинированное); место расположения здания (группа административного района)

стран СНГ по ресурсам светового климата); вид остекления (блочное, ленточное); расстояние до существующего противостоящего здания, высота этого здания до карниза и др.

Расчет площади световых проемов производится по формулам:

а) при боковом освещении помещений

$$100S_0/S_{\text{п}} = \frac{e_N \cdot K_3 \cdot \eta_0}{\tau_0 \cdot r_1} \cdot K_{\text{зд}}; \quad (3)$$

б) при верхнем освещении

$$100S_{\text{ф}}/S_{\text{п}} = \frac{e_{N\text{ф}} \cdot K_3 \cdot \eta_{\text{ф}}}{\tau_0 \cdot r_2 \cdot K_{\text{ф}}}, \quad (4)$$

где  $S_0$  – площадь световых проемов (в свету) при боковом освещении,  $\text{м}^2$ ;  $S_{\text{п}}$  – площадь пола помещения,  $\text{м}^2$ ;  $K_3$  – коэффициент запаса;  $\eta_0$  – световая характеристика окон;  $K_{\text{зд}}$  – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями;  $\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (5)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала;  $\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема;  $\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях;  $\tau_4$  – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах;  $\tau_5$  – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимается равным 0,9;  $r_1$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении за счет отраженного света;  $S_{\text{ф}}$  – площадь световых проемов при верхнем освещении,  $\text{м}^2$ ;  $\eta_{\text{ф}}$  – световая характеристика фонаря;  $r_2$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении за счет отраженного света;  $K_{\text{ф}}$  – коэффициент, учитывающий тип фонаря.

### 2.3. Порядок расчета

1. Выбрать вид естественного освещения: боковое одностороннее, боковое двустороннее, верхнее через светоаэрационный фонарь или комбинированное.

2. Площадь помещения при необходимости разделить на зоны с боковым и верхним освещением.

3. Привести схему вертикального и горизонтального разрезов

здания. Пример схемы комбинированного освещения приведен на рис. 1.

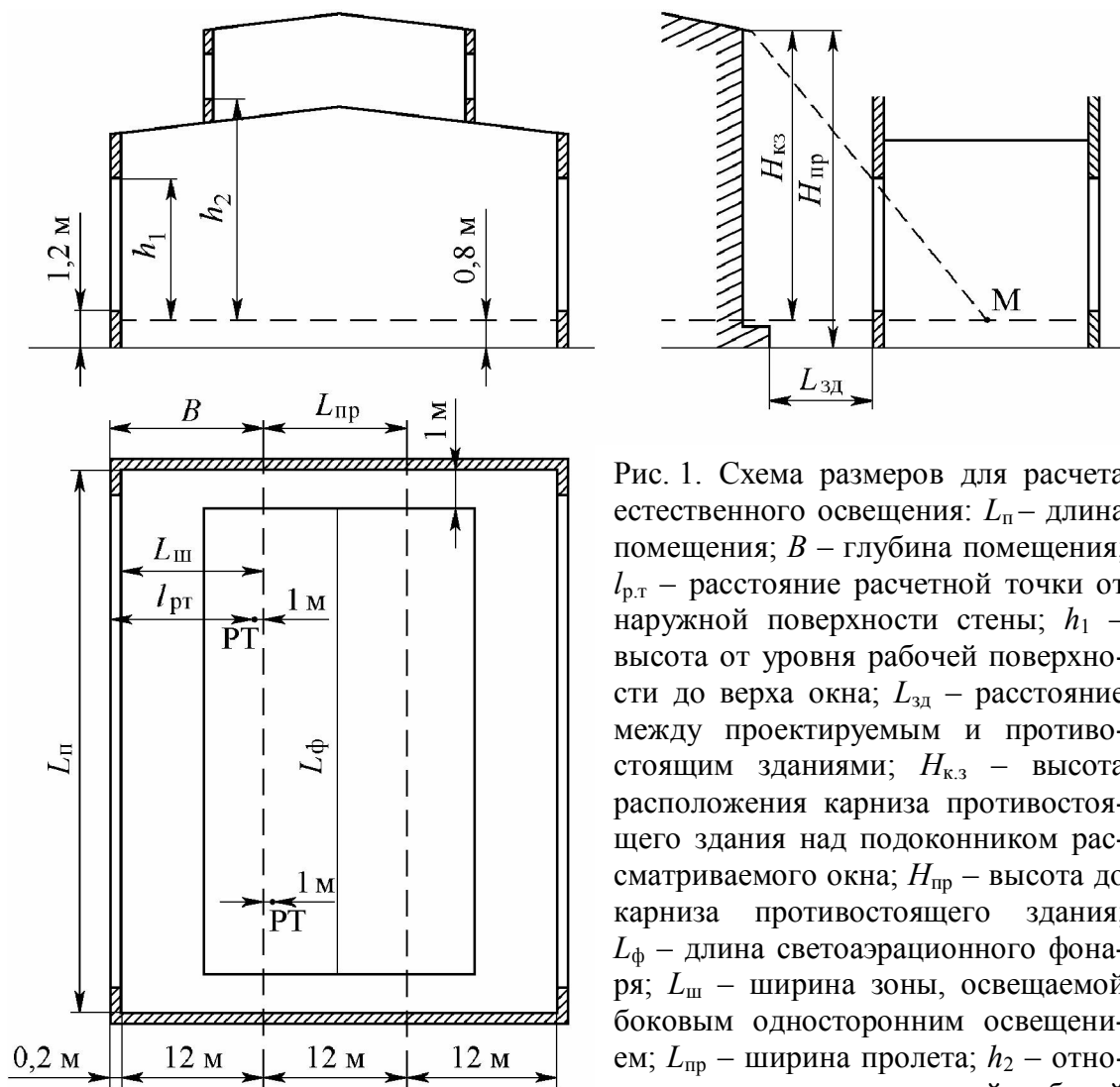


Рис. 1. Схема размеров для расчета естественного освещения:  $L_{п}$  – длина помещения;  $B$  – глубина помещения;  $l_{р.т}$  – расстояние расчетной точки от наружной поверхности стены;  $h_1$  – высота от уровня рабочей поверхности до верха окна;  $L_{зд}$  – расстояние между проектируемым и противостоящим зданиями;  $H_{к.з}$  – высота расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна;  $H_{пр}$  – высота до карниза противостоящего здания;  $L_{ф}$  – длина светоаэрационного фонаря;  $L_{ш}$  – ширина зоны, освещаемой боковым односторонним освещением;  $L_{пр}$  – ширина пролета;  $h_2$  – отношение высоты от условной рабочей поверхности до нижней грани остекления фонаря

4. Рассчитать боковое освещение для зоны, примыкающей к наружной стене.
5. По разряду зрительной работы определить значение КЕО (прил. 5).
6. Вычислить нормированное значение КЕО.
7. Определить отношение длины  $L_{п}$  помещения к глубине  $B$  помещения ( $L_{п} / B$ ).

8. Найти отношение глубины  $B$  помещения к высоте  $h_1$  от уровня условной рабочей поверхности до верха окна ( $B / h_1$ ).

9. Установить световую характеристику световых проемов (табл. 8).

Табл. 8. Значения световой характеристики  $\eta_0$  окон при боковом освещении

$L_{п} / B$	$B / h_1$							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 и более	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	—

10. Определить значение коэффициента  $K_{зд}$ , учитывающего затенение окон противостоящими зданиями в зависимости от отношения расстояния  $P$  между рассматриваемым и противостоящим зданием к высоте  $H_{зд}$  расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна (табл. 9).

Табл. 9. Значения коэффициента  $K_{зд}$ , учитывающего затенение окон противостоящими зданиями

$P / H_{зд}$	$K_{зд}$
0,5	1,7
1,0	1,4
1,5	1,2
2,0	1,1
3,0 и более	1,0

11. Рассчитать значение  $\tau_0$ , предварительно определив  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$ , и  $\tau_4$  (табл. 10, 11).

12. Вычислить площадь ограждающих конструкций всего помещения (стен, пола, потолка).

13. Коэффициенты отражения стен ( $\rho_{ст}$ ), пола ( $\rho_{пл}$ ), потолка ( $\rho_{пт}$ ) принять по прил. 8.

Табл. 10. Значения коэффициентов  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$

Вид светопропускающего материала	$\tau_1$	Вид переплета	$\tau_2$	Несущие конструкции покрытий	$\tau_3$
Стекло оконное листовое: одинарное двойное тройное	0,9	Переплеты для окон и фонарей промышленных зданий: а) деревянные: одинарные спаренные двойные раздельные	0,75 0,7 0,6	Стальные фермы	0,9
	0,8			Железобетонные и деревянные фермы и арки	0,8
	0,75			Балки и рамы сплошные при высоте сечения: менее 50 см 50 см и более	0,9 0,8
Стекло витринное толщиной 6–8 мм	0,8	б) стальные: одинарные открывающиеся одинарные глухие двойные открывающиеся двойные глухие	0,75 0,9 0,6 0,8		
Стекло листовое армированное	0,6			Переплеты для окон жилых, общественных и вспомогательных зданий: а) деревянные: одинарные спаренные двойные раздельные с тройным остеклением	0,8 0,75 0,65 0,5
Стекло листовое узорчатое	0,65	б) металлические: одинарные спаренные с тройным остеклением	0,9 0,85 0,8		
Стекло листовое со специальными свойствами: солнцезащитное контрастное	0,65 0,75			Стеклобетонные панели с пустотелыми стеклянными блоками при толщине шва: 20 мм и менее более 20 мм	0,9 0,85
Органическое стекло: прозрачное молочное	0,9 0,6	Пустотелые стеклянные блоки: светорассеивающие светопрозрачные	0,5 0,55		
Стеклопакеты	0,8				

Табл. 11. Значения коэффициента  $\tau_4$ 

Солнцезащитные устройства, изделия и материалы	$\tau_4$
1. Убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы (межстекольные, внутренние, наружные)	1
2. Стандартные жалюзи и экраны с защитным углом не более $45^\circ$ при расположении пластин жалюзи или экранов под углом $90^\circ$ к плоскости окна:	
горизонтальные	0,65
вертикальные	0,75
3. Горизонтальные козырьки	
с защитным углом не более $30^\circ$	0,8
с защитным углом от $15$ до $45^\circ$	0,9–0,6

13. Средневзвешенный коэффициент отражения стен, пола, потолка определить по формуле

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{ст}} \cdot S_{\text{ст}} + \rho_{\text{пт}} \cdot S_{\text{пт}} + \rho_{\text{пл}} \cdot S_{\text{пл}}}{S_{\text{ст}} + S_{\text{пт}} + S_{\text{пл}}},$$

где  $S_{\text{ст}}$ ,  $S_{\text{пт}}$ ,  $S_{\text{пл}}$ , – соответственно площади стены, потолка и пола.

14. Установить  $r_1$  (табл. 12).

15. Рассчитать площадь пола, освещаемого окнами.

16. Определить коэффициент запаса  $K_3$ , учитывающий загрязнение оконных проемов (прил. 7).

17. Рассчитать площадь световых проемов для одной стороны помещения. Установленные расчетом размеры световых проемов допускается изменять на  $\pm 10\%$ .

18. Определить потребное количество окон, обеспечивающих равномерное освещение принятой к расчету площади помещения, предварительно приняв размеры окна.

**Верхнее освещение** рассчитывается в следующей последовательности:

1. Определить нормированное значение  $e_{N\phi}$  для верхнего освещения (прил. 5)

2. Рассчитать нормируемое значение КЕО  $e_{N\phi}$  с учетом светового климата.

3. Определить значение коэффициента  $r_2$ , учитывающего повышение КЕО за счет отраженного света в зависимости от отношения высоты  $h_2$  помещения от условной рабочей поверхности до нижней

Табл. 12. Значения коэффициента  $r_1$

$B / h_1$	$l_{p,t} / B$	Боковое одностороннее освещение									Боковое двустороннее освещение								
		Средневзвешенный коэффициент $\rho_{cp}$ отражения потолка, стен и пола																	
		0,5			0,4			0,3			0,5			0,4			0,3		
		$L_{п} / B$																	
		0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
От 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1	1,35	1,25	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	1	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,6	1,4	1,25	1,45	1,3	1,15	1,25	1,15	1,1
Более 1,5 до 2,5	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1	1,8	1,45	1,25	1,4	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2	2,1	1,75	1,5	1,75	1,45	1,2	1,3	1,25	1,2
	1	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5	2,35	2	1,6	1,9	1,6	1,5	1,5	1,35	1,2
Более 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1
	0,2	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,4	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,35	1,2	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1	1,5	1,4	1,25	1,3	1,2	1,15	1,2	1,1	1,1
	0,6	2	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,4	1,3	1,2	1,8	1,6	1,35	1,2	1,35	1,2	1,35	1,25	1,15
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3	2,25	1,9	1,45	1,7	1,5	1,25	1,5	1,4	1,2



Окончание табл. 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	0,8	3,6	3,1	2,4	2,4	2,2	1,55	1,9	1,7	1,4	2,8	2,4	1,9	1,9	1,6	1,3	1,65	1,5	1,25
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5	3,65	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3
	1	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7	4,45	3,35	2,65	2,4	2,1	1,6	2	1,7	1,4
Более 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2	2,35	2	1,75	1,6	1,4	1,3	1,35	1,25	1,15
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3	3,25	2,8	2,4	1,9	1,7	1,45	1,65	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5	4,2	3,5	2,85	2,25	2	1,7	1,95	1,7	1,4
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7	5,1	4	3,2	2,55	2,3	1,85	2,1	1,8	1,5
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9	5,8	4,5	3,6	2,8	2,4	1,95	2,25	2	1,6
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1	6,2	4,9	3,9	3,4	2,8	2,3	2,45	2,1	1,7
	1	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5	6,3	5	4	3,5	2,9	2,4	2,6	2,25	1,9

грани остекления к ширине  $L_{пр}$  пролета и средневзвешенного коэффициента  $\rho_{ср}$  отражения потолка, стен и пола (табл. 13).

Табл. 13. Значения коэффициента  $r_2$

$h_2 / L_{пр}$	Средневзвешенный коэффициент $\rho_{ср}$ отражения потолка, стен и пола								
	0,5			0,4			0,3		
	Количество пролетов								
	1	2	3 и более	1	2	3 и более	1	2	3 и более
2	1,7	1,5	1,15	1,6	1,4	1,1	1,4	1,1	1,05
1	1,5	1,4	1,15	1,4	1,3	1,1	1,3	1,1	1,05
0,75	1,45	1,35	1,15	1,35	1,25	1,1	1,25	1,1	1,05
0,5	1,4	1,3	1,15	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,05
0,25	1,35	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05

4. Найти световую характеристику фонаря  $\eta_{ф}$  (табл. 14 на с. 26).

5. Определить коэффициент, учитывающий тип фонаря (табл. 15).

Табл. 15. Значения коэффициента  $K_{ф}$

Тип фонаря	$K_{ф}$
Световые проемы в плоскости покрытия:	
ленточные	1
штучные	1,1
Фонари:	
с наклонным двусторонним остеклением (трапециевидные)	1,15
с вертикальным двусторонним остеклением (прямоугольные)	1,2
с односторонним наклонным остеклением (шеды)	1,3
с односторонним вертикальным остеклением (шеды)	1,4

6. Определить площадь пола помещения, освещаемого фонарем.

7. Найти площадь остекления фонаря с одной стороны:

$$S_{ф} = \frac{e_n \cdot K_3 \cdot \eta_{ф} \cdot S_{п.ф}}{\tau_0 \cdot r_2 \cdot K_{ф} \cdot 100 \cdot 2} \quad (6)$$

8. Определить высоту остекления фонаря:

$$h_{ф} = S_{ф} / L_{ф}, \quad (7)$$

где  $L_{ф}$  – длина фонаря, которая принимается короче длины здания на 2 м с целью его обслуживания.

Табл. 14. Значения световой характеристики фонарей (прямоугольных, трапециевидных) и шед  $\eta_{\Phi}$ 

Тип фонарей	Количество пролетов	Отношение длины $L_n$ помещения к ширине $L_1$ пролета								
		от 1 до 2			от 2 до 4			более 4		
		Отношение высоты $H$ помещения к ширине $L_1$ пролета								
		от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1
С вертикальным двусторонним остеклением (прямоугольные, М-образные)	один	5,8	9,4	16	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
	два	5,2	7,5	12,8	4	5,1	7,8	3,7	6,4	6,5
	три и более	4,8	6,7	11,4	3,8	4,5	6,9	3,4	4	5,6
С наклонным двусторонним остеклением	один	3,5	5,2	6,2	2,8	3,8	4,7	2,7	3,6	4,1
	два	3,2	4,4	5,3	2,5	3	4,1	2,3	2,7	3,4
	три и более	3	4	4,7	2,35	2,7	3,7	2,1	2,4	3
С вертикальным односторонним остеклением (шеды)	один	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10	4,9	7,1	8,5
	два	6,1	8	11,5	4,7	5,5	6,6	4,35	5	5,5
	три и более	5	6,5	8,2	4	4,3	5	3,6	3,8	4,1
С наклонным односторонним остеклением (шеды)	один	3,8	4,55	6,8	2,9	3,4	4,5	2,5	3,2	3,9
	два	3	4,3	5,7	2,3	2,9	3,5	2,15	2,65	2,9
	три и более	2,7	3,7	5,1	2,2	2,5	3,1	2	2,25	2,5

### 3. ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

#### 3.1. Общие положения

Освещение исключительно важно для человека. Более 90% информации, поступающей из окружающего мира, мы получаем с помощью зрения. Зрительная способность и зрительный комфорт – неременное условие безопасности труда. Много несчастных случаев на производстве происходит из-за неудовлетворительного освещения рабочих мест. Плохая освещенность на рабочем месте или в рабочей зоне может явиться также причиной снижения производительности и качества труда. Недостаточное освещение вызывает зрительный дискомфорт, выражающийся в ощущении неудобства или напряженности. Длительное пребывание в подобных условиях приводит к отвлечению внимания, зрительному и общему утомлению. Частым явлением, связанным с недостатками освещения, является нарушение зрения. Кроме создания зрительного комфорта, свет оказывает на человека психологическое, физиологическое и эстетическое воздействие.

Организуя освещение рабочих мест, важно руководствоваться не только количественными, но и качественными критериями. Зрительная работоспособность определяется качеством освещения.

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, дежурное и охранное.

**Рабочее освещение** – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

**Аварийное освещение**, в свою очередь, подразделяется на эвакуационное и освещение безопасности.

**Эвакуационное освещение** – освещение, предназначенное для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения. Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк.

**Освещение безопасности** – освещение, необходимое для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Оно предусматривается в случаях, когда отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и

механизмов может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, длительный сбой технологического процесса, нарушение работы объектов, обеспечивающих жизнедеятельность населения. Освещение безопасности должно обеспечивать на рабочих поверхностях наименьшую освещенность в размере 5% от рабочего, но не менее 2 лк внутри здания и 1 лк на территории предприятия.

**Дежурное освещение** предназначено для освещения помещений в нерабочее время.

**Охранное освещение** предусматривается вдоль границ территорий, охраняемых в разное время. При этом освещенность должна быть не менее 0,5 лк.

Искусственное освещение обеспечивается системами общего или комбинированного освещения. **Общее освещение** подразделяется на **общее равномерное**, которое устраивается без учета расположения рабочих мест, и **общее локализованное**, при котором размещение светильников связано с расположением оборудования и рабочих мест. При первом – высота подвески светильников, тип светильников, мощность ламп и т. д. принимаются одинаковыми, при втором – перечисленные характеристики могут быть различными.

Если по характеру выполняемой работы требуется усиленное освещение рабочего места, а общего освещения недостаточно, то в этом случае устраивается дополнительное **местное освещение**. Одновременное общее и местное освещение носит название «**комбинированное**».

При искусственном освещении рабочих мест нормируется минимальная освещенность рабочей поверхности в зависимости от разряда и подразряда выполняемой работы. Нормативные значения минимальной освещенности приведены в СНБ 2.04.05–98 «Естественное и искусственное освещение» [7].

Для освещения помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные газоразрядные лампы. Применение ламп накаливания для общего освещения допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования газоразрядных ламп.

Для местного освещения кроме газоразрядных источников света рекомендуется использовать лампы накаливания, в том числе галогенные. Применение ксеноновых ламп внутри помещений не допускается.

Основными характеристиками электрических источников света являются:

- 1) напряжение сети, для которой предназначена лампа;
- 2) электрическая мощность лампы;
- 3) световой поток лампы;
- 4) экономичность лампы, которая определяется световой отдачей;
- 5) средний срок службы лампы.

Все характеристики ламп накаливания связаны с напряжением, на которое включена лампа. Так, при увеличении приложенного к лампе напряжения увеличивается световой поток лампы и ее световая отдача, но резко сокращается срок службы. Уменьшение срока службы лампы связано с увеличением испарения вольфрамовой нити при повышении питающего напряжения.

Принципиальным отличием люминесцентных ламп от ламп накаливания является то, что в них световой поток создается излучением возбужденных атомов люминофора. Возбуждение люминофора вызвано ультрафиолетовым излучением, возникающим при электрическом разряде в парах ртути.

В качестве люминофоров используют вольфрамат магния, кадмий борат, силикат цинка и др. Различные люминофоры способны излучать световой поток самых различных цветовых оттенков. Смешивая различные люминофоры, можно получить практически все встречающиеся цвета.

В зависимости от состава люминофора и особенностей конструкции различают несколько типов люминесцентных ламп: ЛБ – лампы белого света, ЛД – лампы дневного света, ЛДЦ – лампы дневного света с улучшенной цветопередачей, ЛХБ – лампы холодно-белого света, ЛТБ – лампы тепло-белого света.

Лампы ЛД, ЛДЦ и ЛХБ воспроизводят дневной свет, близкий к свету затянутого облаками неба (свет пасмурного дня). При горении приобретают сине-голубую окраску. Рекомендуется устанавливать в помещениях, в которых требуется точное различение цветов и оттенков.

Лампы ЛБ по составу излучаемого светового потока находятся между лампами накаливания и лампами ЛД. При горении приобретают белую окраску, обладают очень высокой световой отдачей, наименьшим коэффициентом пульсации освещенности.

Лампы ЛХБ по спектральному составу занимают среднее положение между лампами ЛД и ЛБ. Могут применяться в помещениях, где требуется различение цветовых оттенков.

Лампы ЛТБ излучают белый свет с розоватым оттенком. При этом свете лица выглядят более естественными.

По своему конструктивному исполнению искусственное освещение может быть двух систем: общее и комбинированное.

При **общем освещении** все места в помещении получают свет от общей осветительной установки. Источники света распределены равномерно без учета расположения рабочих мест. Такие системы используются, главным образом, на участках, где рабочие места не являются постоянными.

**Комбинированное освещение** наряду с общим включает местное освещение, сосредотачивающее световой поток непосредственно на рабочем месте. Такая система освещения рекомендуется при высоких требованиях к освещенности рабочих мест. При этом доля общего освещения в системе комбинированного должна составлять не менее 10% нормируемой для комбинированного освещения при тех источниках света, которые применяются для местного освещения (для помещений, имеющих естественное освещение).

В помещениях без естественного света освещенность рабочей поверхности, создаваемую светильниками общего освещения в системе комбинированного, следует повышать на одну ступень. **Применение одного местного освещения недопустимо**, так как возникает необходимость частой переадаптации зрения, создаются тени и другие неблагоприятные факторы. Для местного освещения следует использовать светильники с непросвечивающими отражателями.

При наличии в одном помещении рабочих и вспомогательных зон следует предусматривать **локализованное общее освещение**. При этом лампы устанавливаются ближе к рабочим поверхностям, что позволяет увеличить освещенность рабочих мест.

Кроме естественного и искусственного освещения может применяться их сочетание, когда естественной освещенности недостаточно для выполнения той или иной работы. Такое освещение называется **совмещенным** и применяется в основном при выполнении работ высшей, очень высокой и высокой точности, потому что, как правило, естественной освещенности при указанных работах недостаточно.

### 3.2. Методика расчета искусственного освещения

При выполнении контрольной работы или расчетов в дипломных проектах недостающие данные принимаются самостоятельно.

Расчет общего равномерного освещения производится по методу коэффициента использования светового потока, позволяющего оп-

ределить необходимое количество источников света и их мощность.

Для расчета необходимо знать исходные данные: размеры помещения в метрах (длина –  $A$ , ширина –  $B$ , высота –  $H$ ); характеристику зрительной работы (разряд и подразряд); вид освещения; источник света; наличие загрязнений и др.

По разряду и подразряду зрительной работы определяется минимально необходимая освещенность, создаваемая общим освещением. При выполнении в помещениях работ I–III, IVа, IVб, IVв, Va разрядов применяется система комбинированного освещения (общее и местное).

Рассчитывается необходимый световой поток одной лампы, лм:

$$F_{\text{л}} = E_{\text{мин}} \cdot K_3 \cdot Z \cdot S_{\text{п}} / N_{\text{св}} \cdot n_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{и}}, \quad (8)$$

где  $E_{\text{мин}}$  – минимальная освещенность для данного разряда и подразряда работ по СНБ 2.04.05–98, лк;  $K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий старение и загрязнение ламп;  $Z$  – коэффициент, учитывающий неравномерность освещения;  $S_{\text{п}}$  – площадь пола помещения, м<sup>2</sup>;  $N_{\text{св}}$  – общее расчетное число светильников;  $n_{\text{л}}$  – количество ламп в светильнике;  $\eta_{\text{и}}$  – коэффициент использования светового потока.

### 3.3. Порядок расчета общего равномерного освещения

1. С учетом особенности технологического процесса определить класс пожароопасности или взрывоопасности по ПЭУ (прил. 1).

2. Дать характеристику помещения по условиям окружающей среды (нормальное, сухое, влажное и т. д.) (прил. 2).

3. Выбрать тип светильника, способ прокладки и марку проводов в зависимости от характеристики помещения по условиям окружающей среды и особенностям технологического процесса (прил. 3, 4).

4. По разряду и подразряду выполняемой работы определить необходимую минимальную освещенность при общем равномерном освещении (прил. 5).

Нормы освещенности, приведенные в прил. 5, следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в перечисленных ниже случаях:

а) при работах I–IV разрядов, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;

б) при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее (работа на



дисковых пилах, гильотинных ножницах и т. п.);

в) в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

5. По выбранному типу светильника определить оптимальное отношение расстояния между светильниками к высоте подвески над рабочей поверхностью, обеспечивающее равномерность освещения рабочих мест (прил. 6):

$$\gamma = L_{\text{св}} / H_{\text{св}}, \quad (9)$$

где  $L_{\text{св}}$  – расстояние между светильниками, м;  $H_{\text{св}}$  – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

Высоту подвеса светильника над рабочей поверхностью принимать 2,5–3,0 м.

6. Расстояние между рядами светильников, м:

$$L_{\text{св}} = \gamma \cdot H_{\text{св}}. \quad (10)$$

7. Расстояние от стены помещения до первого ряда светильников (светильники располагаются параллельно продольной оси здания), м,

$$L_1 = 0,3 \cdot L_{\text{св}}. \quad (11)$$

8. Расстояние между крайними рядами светильников по ширине помещения, м:

$$L_2 = B - 2 \cdot L_1, \quad (12)$$

где  $B$  – ширина помещения, м.

9. Количество рядов светильников по ширине помещения, шт.,

$$n_{\text{р.св}} = L_2 / L_{\text{св}}. \quad (13)$$

10. Расстояние между светильниками в ряду, м,

$$L_3 = 0,5 \cdot H_{\text{св}}. \quad (14)$$

11. Расстояние между крайними светильниками по длине ряда, м,

$$L_4 = A - 2 \cdot L_1. \quad (15)$$

12. Количество светильников в ряду, шт.,

$$n_{\text{св.р}} = L_4 / L_3 + 1. \quad (16)$$

13. Общее количество светильников в цехе, шт.,

$$N_{\text{св}} = n_{\text{р.св}} \cdot n_{\text{св.р}}. \quad (17)$$

14. Коэффициент запаса  $K_3$ , учитывающий снижение светового потока при старении и загрязнении ламп, определить по прил. 7.

15. Коэффициент  $Z$ , учитывающий неравномерность освещения, принять для люминесцентных ламп 1,1, для ламп накаливания 1,0.

16. Коэффициенты отражения потолка, стен, пола определить самостоятельно (прил. 8).

17. Коэффициент использования светового потока определить по индексу помещения и коэффициентам отражения (прил. 9). При

определении коэффициента использования светового потока определяющим является коэффициент отражения потолка  $\rho_{пт}$ .

Индекс помещения вычислить по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{св} \cdot (A + B)}. \quad (18)$$

18. Необходимый световой поток одной лампы, лм,

$$F_{расч} = \frac{E_{мин} \cdot K_3 \cdot Z \cdot S_{п}}{N_{св} \cdot n_{л} \cdot \eta_{и}}. \quad (19)$$

19. По световому потоку выбрать лампу необходимой мощности со световым потоком  $F_{ф}$  не менее расчетного  $F_{расч}$  по прил. 10.

Рекомендуется в большинстве случаев принимать лампы типа ЛБ, как имеющие наибольшую световую отдачу лм/Вт, т. е. наиболее экономичные.

20. Фактическая освещенность рабочих мест от общего равномерного освещения, лк,

$$E_{факт} = \frac{F_{факт} \cdot N_{св} \cdot n_{л} \cdot \eta_{и}}{K_3 \cdot Z \cdot S_{п}}. \quad (20)$$

При **комбинированном освещении** необходимо дополнительно рассчитать освещенность, создаваемую источником местного освещения.

Световой поток источника местного освещения определить по формуле, лм,

$$F_{расч.мест} = E_{м} \cdot S, \quad (21)$$

где  $E_{м}$  – необходимая освещенность, создаваемая источником местного освещения (прил. 5),

$$E_{м} = E_{всего} - E_{общее}; \quad (22)$$

где  $S$  – площадь, освещаемая местным освещением, м<sup>2</sup>.

Площадь освещаемой поверхности принять самостоятельно в зависимости от характера рабочего места и выполняемой работы.

Для создания равномерной освещенности рабочей поверхности источник местного освещения следует располагать над рабочей поверхностью на расстоянии  $H$ , м, исходя из следующей зависимости:

$$H \approx 1,73 \cdot R, \quad (23)$$

где  $R$  – радиус круга поверхности, освещаемой местным освещением, м.

Учитывая вычисленное значение светового потока лампу необходимой мощности следует выбрать со световым потоком  $F_{факт}$  не менее  $F_{расч.мест}$  (прил. 11).

## 4. АКУСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩЕГО КОЖУХА

### 4.1. Общие положения

Уровень шума в производственном помещении зависит от прямых и отраженных звуковых волн. При невозможности снижения шума самого источника, излучающего прямые звуковые волны, применяются меры к уменьшению энергии отраженных волн. Это достигается увеличением эквивалентной площади звукопоглощения помещения путем размещения на его внутренних поверхностях звукопоглощающих облицовок. Метод борьбы с шумом путем увеличения площади звукопоглощения (акустическая обработка помещения) называется звукопоглощением.

При выполнении мероприятий по борьбе с производственным шумом следует руководствоваться СНиП II-12-77 и СанПиН № 2.2.4/2.1.8.10.10-32-2002 [8, 9].

### 4.2. Методика расчета акустической обработки помещений

Для расчета акустической обработки помещения необходимы следующие данные: фактические уровни звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос; размеры помещения (длина, ширина, высота); площадь дверных и оконных проемов; материал ограждающих конструкций (бетон, кирпич, штукатурка) и т. д.

Звукопоглощение оценивается коэффициентом  $\alpha$ , величина которого для различных материалов и частот изменяется в пределах от 0 до 1. Чем ближе величина  $\alpha$  к единице, тем лучше звукопоглощающие свойства материала и конструкций. Эффект звукопоглощения будет иметь место, если в интересующей нас полосе частот коэффициент звукопоглощения материала  $\alpha \geq 0,3$ .

Требуемое снижение шума в каждой октавной полосе определяется по формуле

$$\Delta L_{\text{тр}} = L_{\text{ф}} - L_{\text{доп}}, \quad (24)$$

где  $L_{\text{ф}}$  – фактический уровень звукового давления на среднегеометрической частоте данной октавной полосы, дБ;  $L_{\text{доп}}$  – допустимый уровень звукового давления для этой октавной полосы, дБ (прил. 14).

Материал и конструкцию звукопоглощающей облицовки выбирается так, чтобы максимальные значения коэффициентов звукопоглощения материала и конструкции соответствовали наибольшим значениям требуемого снижения шума.

Величина максимального снижения уровня звукового давления в каждой октавной полосе при применении звукопоглощающих конструкций определяется по формуле, дБ,

$$\Delta L = 10 \cdot \lg(B_1 \cdot \psi / B \cdot \psi_1), \quad (25)$$

где  $B$  – постоянная помещения до обработки,  $\text{м}^2$ ;  $B_1$  – постоянная помещения после установки звукопоглощающих конструкций,  $\text{м}^2$ ;  $\psi$  и  $\psi_1$  – коэффициенты, зависящие от отношения постоянной помещения к площади ограждающих поверхностей.

Постоянная помещения  $B$  в октавных полосах вычисляется по формуле,  $\text{м}^2$ ,

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \quad (26)$$

где  $B_{1000}$  – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц (прил. 12);  $\mu$  – частотный множитель для каждой среднегеометрической частоты октавных полос (прил. 13).

Постоянная помещения  $B_1$  в октавных полосах рассчитывается по формуле

$$B_1 = (A_1 + \Delta A) / (1 - \alpha_1), \quad (27)$$

где  $A_1$  – величина звукопоглощения ограждающих конструкций помещения, на которых нет звукопоглощающей облицовки,  $\text{м}^2$ ;  $\Delta A$  – величина звукопоглощения облицовки на среднегеометрических частотах октавных полос,  $\text{м}^2$ .

Снижение уровней шума  $\Delta L$  за счет облицовки сравнивается с требуемым снижением  $\Delta L_{\text{тр}}$  и делают вывод о ее эффективности и целесообразности.

### **4.3. Порядок расчета эффективности акустической обработки помещения**

1. Определить средний коэффициент звукопоглощения до устройства звукопоглощающей облицовки для каждой среднегеометрической частоты октавных полос:

$$\alpha = B / (B + S_{\text{огр}}), \quad (28)$$

где  $B$  – постоянная помещения до обработки на среднегеометрических частотах октавных полос [см. формулу (26)],  $\text{м}^2$ ;  $S_{\text{огр}}$  – общая площадь

ограждающих конструкций помещения (стены, пол, потолок),  $m^2$ .

2. Определить требуемое снижение шума в каждой октавной полосе, дБ [см. формулу (24)].

3. Найти величину требуемого звукопоглощения, обеспечивающего заданное снижение уровня звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос  $\Delta A_{тр}$ ,  $m^2$  (прил. 15).

4. Рассчитать площадь требуемой звукопоглощающей облицовки, обеспечивающей необходимое снижение уровней звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос,  $m^2$ :

$$S_{обл.тр} = \Delta A_{тр} / \alpha_{обл},$$

где  $\alpha_{обл}$  – коэффициент звукопоглощения выбранной конструкции облицовки на среднегеометрических частотах октавных полос (прил. 16).

5. Найти возможную площадь  $S_{возм}$  облицовки стен помещения с учетом размещения ее на высоте 1,5 м от пола и выше.

Сделать вывод о возможности снижения уровней звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос до допустимых значений за счет фактически возможной площади облицовки помещения.

Далее рассчитывается снижение уровня звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос при выполнении фактически возможной площади облицовки помещения.

1. Определить величину звукопоглощения на среднегеометрических частотах октавных полос ограждающих конструкций помещения, на которых нет звукопоглощающей облицовки,  $m^2$ :

$$A_1 = \alpha \cdot (S_{огр} - S_{возм}).$$

2. Найти величину звукопоглощения облицовки на среднегеометрических частотах октавных полос,  $m^2$ ,

$$\Delta A = \alpha_{обл} \cdot S_{возм}.$$

3. Рассчитать средний коэффициент звукопоглощения облицованного помещения на среднегеометрических частотах октавных полос

$$\alpha_1 = (A_1 + \Delta A) / S_{огр}.$$

4. Определить постоянную  $B_1$ ,  $m^2$ , облицованного помещения на среднегеометрических частотах октавных полос [см. формулу (27)].

5. Найти коэффициенты  $\psi$ ,  $\psi_1$  на среднегеометрических частотах октавных полос, учитывающие нарушение диффузности звукового поля в помещении (прил. 17).

6. Вычислить величину снижения  $\Delta L_{\text{сн}}$ , дБ, шума на среднегеометрических частотах октавных полос при возможной облицовке помещения [см. формулу (25)].

7. Установить расчетные уровни звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос после облицовки, дБ,

$$L_{\text{расч}} = L_{\text{ф}} - \Delta L_{\text{сн}}$$

8. Найти превышение уровней звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос после акустической обработки помещения, дБ:

$$\Delta L_{\text{пр}} = L_{\text{расч}} - L_{\text{доп}}$$

Результаты расчетов сводятся в табл. 16.

Табл. 16. Уровни звукового давления, дБ

Показатель	Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{ф}}$ , дБ								
$B = B_{1000} \cdot \mu$ , м <sup>2</sup>								
$\alpha = B / (B + S_{\text{огр}})$								
$\Delta L_{\text{тр}}$ , дБ								
$\Delta A_{\text{тр}}$ , м <sup>2</sup>								
$\alpha_{\text{обл}}$								
$S_{\text{обл.тр}}$ , м <sup>2</sup>								
$S_{\text{возм}}$ , м <sup>2</sup>								
$A_1 = \alpha(S_{\text{огр}} - S_{\text{возм}})$ , м <sup>2</sup>								
$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} \cdot S_{\text{возм}}$ , м <sup>2</sup>								
$\alpha_1 = (A_1 + \Delta A) / S_{\text{огр}}$								
$B_1 = (A_1 + \Delta A) / (1 - \alpha_1)$ , м <sup>2</sup>								
$B / S_{\text{огр}}$								
$B_1 / S_{\text{огр}}$								
$\psi$								
$\psi_1$								
$\Delta L = 10 \cdot \lg(B_1 \cdot \psi / B \cdot \psi_1)$ , дБ								
$L_{\text{расч}} = L_{\text{ф}} - \Delta L$ , дБ								
$\Delta L_{\text{пр}} = L_{\text{расч}} - L_{\text{доп}}$ , дБ								

#### 4.4. Методика расчета звукоизолирующего кожуха

При невозможности снизить шум путем акустической обработки помещения применяют звукоизолирующие кожухи для наиболее

шумного оборудования, которые должны полностью закрывать агрегаты, машины, оборудование (если позволяют технологические процесс и условия эксплуатации оборудования). Кожухи проектируются съемными или разборными, со смотровыми окнами, открывающимися дверцами, проемами для ввода различных коммуникаций и должны быть выполнены из листовых несгораемых или трудносгораемых материалов.

При проектировании звукоизолирующих кожухов следует прежде всего рассчитать необходимую эффективность, которая зависит от звукоизолирующей способности стенок, размеров кожуха, акустической мощности источника шума, способа установки кожуха и наличия звукопоглощающей облицовки кожуха [10].

Требуемая звукоизолирующая способность стенок кожуха определяется по формуле,

$$R_{\text{к.тр}} = L_p - 10 \cdot \lg S - L_{\text{доп}} + 5 + 10 \cdot \lg(S_{\text{к}} / S_{\text{ист}}),$$

где  $L_p$  – уровень звукового давления источника шума на среднегеометрических частотах октавных полос, дБ;  $S$  – площадь воображаемой поверхности, окружающей оборудование (машину) и проходящей через точку, для которой ведется расчет (любая точка на расстоянии 1 м от источника шума), м<sup>2</sup>;  $L_{\text{доп}}$  – допустимый уровень звукового давления на среднегеометрических частотах октавных полос на рабочем месте, дБ;  $S_{\text{к}}$ ,  $S_{\text{ист}}$  – площади поверхности кожуха и поверхности оборудования, являющегося источником шума, м<sup>2</sup>.

При изготовлении кожухов из стали или из дюралюминиевых сплавов их звукоизолирующая способность может оказаться недостаточной из-за передачи звуковой энергии через ограждение. Падающая на кожух энергия звука вызывает его изгибные деформации, которые достаточны для излучения колебания звуковой частоты на противоположной стороне кожуха.

В этих случаях звукоизолирующую способность стенок кожуха увеличивают в результате нанесения на внешнюю сторону вибродемпфирующего материала и на внутреннюю поверхность звукопоглощающего материала.

Жесткое соединение демпфирующего слоя с металлом способствует быстрому затуханию изгибных волн, распространяющихся по поверхности металлических конструкций. Этим обусловлено снижение излучаемого шума.

Целесообразность применения вибродемпфирующих материа-

лов определяется размерами, формой демпфирующих поверхностей, а также частотным спектром шума.

Для ориентировочного определения величины снижения шума при нанесении виброзащитного покрытия на кожух необходимы следующие исходные данные: материал кожуха, толщина стенок, модуль упругости и коэффициент потерь материала кожуха, толщины слоя, модуль упругости вибродемпфирующей мастики.

Снижение уровня колебаний металлической поверхности, а следовательно, и уровня шума при облицовке ее вибропоглощающим слоем рассчитывается по формуле, дБА,

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \left( \frac{\eta_1 + \eta_2}{\eta_1} \right), \quad (29)$$

где  $\eta_1$  – коэффициент потерь материала кожуха;  $\eta_2$  – коэффициент потерь вибрирующей поверхности после нанесения вибропоглощающего слоя.

Коэффициент потерь вибрирующей поверхности после нанесения вибропоглощающего слоя определяется по формуле

$$\eta_2 = \eta_3 \cdot \frac{E_{\text{п}}}{E_{\text{м}}} \cdot \left( \frac{h_{\text{п}}}{h_{\text{м}}} \right)^2, \quad (30)$$

где  $\eta_3$  – коэффициент потерь вибропоглощающего слоя;  $E_{\text{п}}$  – модуль упругости материала вибропоглощающего покрытия, Па;  $E_{\text{м}}$  – модуль упругости металла кожуха, Па;  $h_{\text{п}}$ ,  $h_{\text{м}}$  – толщина покрытия и металлического кожуха соответственно, мм.

Значения параметров  $\eta_3$ ,  $E_{\text{п}}$ ,  $E_{\text{м}}$  принимаются по прил. 19.

#### 4.5. Порядок расчета звукоизолирующего кожуха

1. Определить площадь воображаемой поверхности, окружающей машину и проходящей через расчетную точку (размеры этой поверхности больше размеров машины по длине и ширине на 2 м, по высоте на 1 м), м<sup>2</sup>:

$$S = (D_1 \cdot V_1) \cdot 2 + (Ш_1 \cdot V_1) \cdot 2 + (D_1 \cdot Ш_1),$$

где  $D_1$ ,  $Ш_1$ ,  $V_1$  – длина, ширина и высота воображаемой поверхности, м.

2. Определить площадь поверхности источника шума (машины), м<sup>2</sup>:

$$S_{\text{ист}} = (D \cdot B) \cdot 2 + (Ш \cdot B) \cdot 2 + (D \cdot Ш),$$

где  $D$ ,  $Ш$ ,  $B$  – соответственно длина, ширина и высота машины, м.



3. Найти площадь кожуха с учетом зазора 0,5 м между кожухом и машиной:

$$S_k = (D + 1) \cdot (B + 0,5) \cdot 2 + (Ш + 1) \cdot (B + 0,5) \cdot 2 + (D + 1) \cdot (Ш + 1).$$

4. Рассчитать требуемую звукоизолирующую способность кожуха на каждой среднегеометрической частоте октавных полос, дБ.

Результаты расчета сводятся в табл. 17.

Табл. 17. Результаты расчетов

Расчетный показатель	Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_p$ , дБ								
$L_{доп}$ , дБ								
$10 \cdot \lg S$								
$10 \cdot \lg(S_k / S_{ист})$								
$R_{к.тр}$								

5. Подобрать необходимый материал для устройства звукоизолирующего кожуха (прил. 18). Звукоизолирующая способность принимаемого материала должна быть не ниже  $R_{к.тр}$  на тех же частотах.

Если материал кожуха не обеспечивает необходимое снижение шума до допустимых уровней, его звукоизолирующую способность увеличивают путем нанесения на внутреннюю поверхность звукоизолирующего материала.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

1. Принять толщину, мм, слоя вибродемпфирующей мастики, мм, в 3–5 раз больше толщины стенок кожуха.

2. Найти по формуле (28) коэффициент потерь вибрирующей поверхности после нанесения вибропоглощающего слоя.

3. Вычислить по формуле (29) звукоизолирующую способность  $\Delta L$ , дБА, ограждения от воздушного шума.

4. Определить ожидаемый уровень шума на рабочем месте после нанесения на кожух покрытия, сравнить с допустимым значением и в случае превышения подобрать средство индивидуальной защиты (прил. 20) [11].

5. Сделать вывод.

## **5. ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ СТРУКТУРНОГО ШУМА**

### **5.1. Общие положения**

Возникающие в конструкциях машин упругие изгибные и продольные волны приводят к созданию шума, излучаемого поверхностями машин. При жесткой установке машин и изношенности деталей возникающие вибрации поверхности передаются металлоконструкциям и строительным конструкциям зданий, которые, как правило, строятся из материалов с малыми потерями на внутреннее трение, что приводит к распространению вибрации по всему зданию, создавая структурный шум.

Уменьшение структурного шума достигается снижением вибраций оборудования и изолированием источника вибрации от строительных конструкций. Для этого применяют виброизоляцию или вибродемпфирование.

Виброизоляция заключается в установке между вибрирующими узлами машин и строительными конструкциями элементов, способных уменьшить передачу вибраций на пути их распространения. Эти элементы представляют собой как бы акустический фильтр, роль которого выполняют различного рода виброизоляторы. Виброизолирующие материалы должны отвечать трем основным требованиям: обладать малым динамическим модулем упругости, механической прочностью и долговечностью. Кроме того, амортизаторы должны обладать достаточным внутренним трением, а также стойкостью к воздействию давления, температуры, влажности и воздействию агрессивных сред.

Конструктивно виброизоляторы подразделяются на резиновые амортизаторы, стальные пружины и пневматические амортизаторы.

Для ослабления действий вибраций тихоходных машин рекомендуется использовать пружинные амортизаторы, гибкость которых изменяется в широких пределах. При правильно выбранном диаметре и высоте пружин последние отличаются стабильностью и долговечностью.

При установке машины на амортизаторы без предварительного расчета возможно возрастание вибрации и шума в результате резонанса. Поэтому установке виброамортизаторов любого типа должен предшествовать расчет, который сводится к определению жесткости

пружин, а также к определению необходимого их числа и размеров.

Необходимо, чтобы масса (кг) вибрирующей установки соответствовала следующей зависимости:

$$m_y \geq 2,5 \cdot \varepsilon \cdot m_{\text{вр.ч}} / a_{\text{доп}}, \quad (31)$$

где  $m_y$  – общая масса установки (вентилятора, привода, основания), кг;  $\varepsilon$  – эксцентриситет вращающихся частей, принимается  $0,2 \cdot 10^{-3}$  –  $0,4 \cdot 10^{-3}$  при динамической балансировке и  $1,5 \cdot 10^{-3}$  при статической балансировке, м;  $m_{\text{вр.ч}}$  – масса вращающихся частей, кг;  $a_{\text{доп}}$  – максимально допустимая амплитуда смещения установки, м ( $a_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 10^{-3}$  м при частоте вращения 900–1500 об/мин и  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м при частоте вращения 400–600 об/мин).

В общем случае виброизолирующее основание должно обеспечивать снижение структурного шума  $\Delta L$  (дБА) на следующие величины:

Вентиляторы с частотой вращения, об/мин:

более 800	26
500–800	20–26
350–500	17–20
20–350	11–17

## 5.2. Методика расчета стальных пружин амортизаторов

Определяется статическая нагрузка на одну пружину, Н:

$$P_{\text{ст}} = 10 \cdot m_y / (N n_{\text{п}}), \quad (32)$$

где  $m_y$  – общая масса установки, кг;  $N$  – число амортизаторов;  $n_{\text{п}}$  – число пружин в одном амортизаторе.

Рассчитывается максимальная рабочая нагрузка на пружину, Н

$$P_{\text{max расч}} = P_{\text{ст}} + 1,5 \cdot 4\pi^2 \cdot f \cdot a_{\text{доп}} \cdot P_{\text{ст}} / (10 \cdot g), \quad (33)$$

где  $f$  – частота вынужденных колебаний системы, определяемая по формуле

$$f = n / 60,$$

где  $n$  – частота вращения, об/мин;  $g$  – ускорение свободного падения ( $10,0 \text{ м/с}^2$ ).

Далее вычисляется требуемая суммарная жесткость виброизоляторов в вертикальном направлении, Н/м,

$$K_{\text{зтр}} = 4\pi^2 \cdot f_c^2 \cdot m_y / g, \quad (34)$$

где  $f_c$  – собственная частота системы,

$$f_c = f / n_{\text{п}}. \quad (35)$$

Определяется требуемая жесткость  $K_{\text{тр}}$  одной пружины, Н/м,

$$K_{\text{тр}} = K_{Z_{\text{тр}}} / (Nn_{\text{п}}). \quad (36)$$

Тип виброизоляторов выбирается с соблюдением следующих требований:

$$P_{\text{max}} \geq P_{\text{max расч}}; \quad (37)$$

$$K_{\text{пр}} \leq K_{\text{тр}}, \quad (38)$$

где  $P_{\text{max}}$  – максимальная допустимая нагрузка на пружину, Н;  $K_{\text{пр}}$  – жесткость пружины, Н/м.

### 5.3. Порядок расчета стальных пружин амортизаторов

1. Определить массу вращающихся частей (вентилятора, центробежного насоса, компрессора и т. д.) и общую массу установки, кг.
2. Рассчитать частоту вынужденных колебаний.
3. Определить ослабление шума  $\Delta L$  в зависимости от частоты вращения вентилятора.
4. По требуемой виброизоляции  $\Delta L_p$  установить отношение  $f / f_c$  (прил. 21)
5. По полученным значениям рассчитать величину  $f_c$ .
6. Определить минимальную необходимую массу вибрирующей установки –  $m_y$ .
7. Если минимально необходимая масса установки больше фактической, следует увеличить массу основания, например, заливкой рамы бетоном.
8. Принять необходимое число амортизаторов для установки.
9. Рассчитать количество пружин в каждом виброизоляторе.
10. Определить статическую нагрузку  $P_{\text{ст}}$ , Н, на одну пружину.
11. Найти максимальную расчетную нагрузку  $P_{\text{max расч}}$ , Н, на одну пружину.
12. Определить суммарную жесткость виброизоляторов в вертикальном направлении  $K_{Z_{\text{тр}}}$ , Н/м.
13. Рассчитать допустимую жесткость одной пружины  $K_{\text{тр}}$ , Н/м.
14. По полученным значениям  $P_{\text{max расч}}$  и  $K_{\text{тр}}$  подобрать параметры опорной пружины (прил. 22).

## 6. ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

### 6.1. Общие положения

Для нормализации воздушной среды в производственных помещениях используют следующие системы вентиляции: естественную (аэрацию) и механическую. Механическая вентиляция может быть общеобменной, местной и смешанной.

Общеобменную вентиляцию устраивают в тех случаях, когда в производственное помещение попадают вредные выделения паров, газов, избытки тепла, пыли, отсутствуют строго фиксированные источники этих выделений или работа местных отсосов является недостаточно эффективной.

При местной вентиляции загрязненный воздух удаляется прямо из мест его загрязнения. Распространенным видом местной вентиляции является вытяжная, состоящая из местных отсосов, с помощью которых вредные вещества улавливаются в месте их выделения и удаляются за пределы помещения.

*Вентиляция* – это комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в помещениях. В соответствии со СНБ 4.02.01–03 под вентиляцией понимают обмен воздуха в помещении для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых метеорологических условий и чистоты воздуха. Основной задачей вентиляции является удаление из рабочей зоны загрязненного, увлажненного или перегретого воздуха и подача взамен его воздуха соответствующего качества, иными словами, организация воздухообмена в помещении.

*Воздухообменом* называется количество вентиляционного воздуха, необходимое для обеспечения соответствия санитарно-гигиенических условий труда требованиям технических нормативных правовых актов СанПиН 9–80–98, СанПиН 11–13–94, ГОСТ 12.1.005 и др. Необходимый воздухообмен является исходной величиной для расчета системы вентиляции (подбор вентиляционного оборудования, расчет сечения воздуховодов, систем газоочистки и т. д.).

В зависимости от способа перемещения воздуха в помещении вентиляция подразделяется на естественную и искусственную (механическую).

*Естественная вентиляция* осуществляется за счет разности температуры воздуха в помещении и снаружи (тепловой напор) или

действия ветра (ветровой напор). Естественное движение воздуха в помещении происходит вследствие разности его плотностей снаружи и внутри помещения (тепловое давление), или разности давления наружного воздуха с наветренной и заветренной сторон здания (ветровое давление). Величина давления или разрежения в помещении зависит от скорости ветра. Обычно при обдуве здания ветром в помещении создается повышенное давление воздуха с наветренной стороны, а пониженное – с заветренной, что приводит к дополнительной вытяжке воздуха из помещений. Однако при расчете естественной вентиляции учитывается только тепловое давление, поскольку сила ветра непостоянна.

Естественная вентиляция может быть организованной и неорганизованной. Вентиляция считается *организованной*, если направление воздушных потоков и воздухообмен в помещении организуются с помощью специальных устройств, в качестве которых используются вытяжные каналы в стенах, шахты, форточки, фрамуги оконных блоков, проемы в потолке, аэрационные фонари и т. п. Площадь вентиляционных проемов и фонарей рассчитывают в зависимости от необходимого воздухообмена.

Систему естественного организованного воздухообмена в помещении называют *аэрацией*. Ее, как правило, применяют в помещениях со значительными выделениями теплоты.

Для использования ветрового давления, а также удаления небольших объемов воздуха используют *дефлекторы* – специальные насадки, устанавливаемые на вытяжных воздуховодах или шахтах. Их также используют и для организации местной вентиляции.

Наибольшее распространение в практике создания воздухообмена в помещении получили *дефлекторы ЦАГИ*, которые представляют собой металлическую цилиндрическую обечайку, укрепленную над вытяжной трубой. Для улучшения подсасывания воздуха из помещения давлением ветра труба оканчивается плавным расширением – диффузором, а для предотвращения попадания дождя в дефлектор предусмотрен колпак.

Эффективность работы дефлектора зависит от скорости ветра и высоты его установки над коньком крыши.

Основными достоинствами аэрации являются возможность создания интенсивного воздухообмена в помещении при низких энергозатратах и относительная простота устройства и обслуживания.

К недостаткам аэрации следует отнести невозможность предва-

рительной подготовки воздуха (очистка, нагрев и увлажнение), а также очистки удаляемого из помещения воздуха.

При *неорганизованной* естественной вентиляции воздухообмен осуществляется за счет вытеснения внутреннего теплого воздуха наружным через неплотности и поры наружных ограждений зданий (инфильтрация), а также через форточки, окна, двери, открываемые без всякой системы.

Естественную вентиляцию через открывающиеся окна и проемы допускается устраивать в помещениях в которых не происходит выделения вредных веществ и веществ с резко выраженным неприятным запахом с объемом на каждого работающего  $40 \text{ м}^3$  и более.

*Искусственная* (механическая) *вентиляция* устраняет недостатки естественной вентиляции. Она предназначена для обеспечения в рабочих помещениях оптимальных или допустимых микроклиматических условий и снижения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны до ПДК. При механической вентиляции воздухообмен в помещении осуществляется за счет напора воздуха, создаваемого вентиляторами.

Чаще всего на производстве используют *смешанную* вентиляцию (естественную в сочетании с механической).

По степени охвата помещения или по месту действия системы вентиляции делятся на *общеобменные* и *местные (локальные)*.

*Общеобменную* вентиляцию устраивают в тех случаях, когда в производственное помещение попадают вредные выделения вследствие невозможности полной герметизации производственного оборудования, когда отсутствуют строго фиксированные источники вредных выделений или когда работа местных отсосов является недостаточно эффективной.

Общеобменная вентиляция обеспечивает необходимые параметры микроклимата и снижение концентрации вредных веществ до допустимых значений во всем объеме производственного помещения.

Различают четыре основные схемы организации воздухообмена в помещении при общеобменной вентиляции: сверху вниз, сверху вверх, снизу вверх и снизу вниз. Кроме того, возможны различные комбинации из этих схем.

По способу организации воздухообмена в помещении механическая общеобменная вентиляция может быть выполнена в виде *приточной*, *вытяжной* или *приточно-вытяжной*.

В системе *приточной вентиляции* воздух с помощью вентилятора подается в помещение организованно, повышая в нем давление, а уходит неорганизованно, вытесняясь через щели, проемы окон и дверей в соседние помещения или наружу. Количество подаваемого воздуха можно регулировать клапанами или заслонками, устанавливаемыми на вентиляционных каналах.

При *вытяжной вентиляции* воздух организованно удаляется вентиляторами через сеть воздуховодов из помещения, в котором вследствие этого снижается давление. Взамен загрязненного в вентилируемое помещение подсасывается воздух из соседних помещений и снаружи через открытые проемы окон, двери, ворота или неплотности ограждающих конструкций.

В системе *приточно-вытяжной вентиляции* воздух организованно удаляется и подается в вентилируемое помещение через отдельные воздуховоды. В зависимости от соотношения расходов удаляемого и подаваемого воздуха, давление в помещении может снижаться или повышаться (отрицательный или положительный баланс).

## 6.2. Общеобменная вентиляция

Для расчета общеобменной вентиляции необходимы следующие основные данные: размеры помещения (длина, высота, ширина), количество вредных выделений в виде теплоты, влаги, пылей, газов, которое определяют расчетным путем или экспериментально, предельно допустимые концентрации выделяющихся вредностей, содержание вредных веществ в приточном воздухе.

Расчет количества  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, подаваемого или удаляемого воздуха осуществляют:

1) при выделении вредных паров, газов, пыли – из условия разбавления удаляемых вредностей до допустимых концентраций по формуле

$$L = G / (C_{уд} - C_{пр}) \quad (39)$$

где  $G$  – количество выделяющихся вредных веществ, мг/ч;  $C_{уд}$  – предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ПДК), мг/м<sup>3</sup>;  $C_{пр}$  – концентрация данных вредных веществ в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;



2) при избыточных тепловыделениях – из условия тепловыделения избыточного тепла по формуле

$$L = \frac{Q_{\text{изб}}}{c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{уд}} - t_{\text{пр}}) \cdot \rho}, \quad (40)$$

где  $Q_{\text{изб}}$  – избыточное тепло, выделяющееся в помещении, кДж/ч;  $c_{\text{в}}$  – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К):  $c_{\text{в}} = 1,005$  кДж/(кг·°С);  $t_{\text{уд}}$  – температура удаляемого воздуха, °С;  $t_{\text{пр}}$  – температура приточного воздуха, °С;  $\rho$  – плотность приточного воздуха, кг/м<sup>3</sup> (табл. 18);

Табл. 18. Плотность воздуха  $\rho^*$ , кг/м<sup>3</sup>

$t, ^\circ\text{C}$	$B, \text{ мм рт. ст.}$				$t, ^\circ\text{C}$	$B, \text{ мм рт. ст.}$			
	720	740	760	770		720	740	760	770
0	1,225	1,259	1,293	1,310	18	1,149	1,181	1,213	1,229
2	1,216	1,250	1,284	1,301	20	1,141	1,173	1,205	1,221
4	1,208	1,241	1,275	1,291	22	1,134	1,165	1,197	1,212
6	1,199	1,232	1,266	1,282	24	1,126	1,157	1,189	1,204
8	1,190	1,223	1,257	1,273	26	1,118	1,149	1,181	1,196
10	1,182	1,215	1,247	1,264	28	1,111	1,142	1,173	1,188
12	1,173	1,206	1,239	1,255	30	1,104	1,134	1,165	1,180
14	1,165	1,198	1,230	1,246	32	1,096	1,127	1,157	1,173
16	1,157	1,189	1,221	1,238	35	1,086	1,116	1,146	1,161

\*  $\rho = 1,293 \cdot B / [(1 + 0,00367t)760]$ , где  $B$  – барометрическое давление, мм рт. ст.;  $t$  – температура воздуха, °С.

3) при избыточных влаговыведениях – из условия удаления избыточной влаги по формуле

$$L = \frac{G_{\text{вл}}}{d_{\text{уд}} - d_{\text{пр}}}, \quad (41)$$

где  $G_{\text{вл}}$  – количество выделяющейся в помещение влаги, г/ч;  $d_{\text{уд}}$  – влагосодержание удаляемого воздуха, г/м<sup>3</sup>;  $d_{\text{пр}}$  – влагосодержание приточного воздуха, г/м<sup>3</sup> (табл. 19).

Табл. 19. Максимально возможное содержание  $d_{\text{пр}}$  влаги в воздухе, г/м<sup>3</sup>

$t, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-10	2,15	1,98	1,81	1,66	1,52	1,40	1,28	1,18	1,08	0,98
-0	4,84	4,47	4,13	3,81	3,52	3,24	2,99	2,75	2,54	2,34
0	4,84	5,18	5,54	5,92	6,33	6,76	7,22	7,70	8,22	8,76

$t, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	9,38	9,94	10,57	11,25	11,96	12,71	13,51	14,34	15,22	16,14
20	17,12	18,14	19,22	20,36	21,55	22,80	24,11	25,49	26,93	28,45
30	30,04	31,70	33,45	35,28	37,19	39,19	41,28	43,47	45,75	48,14

Примеры определения  $d_{\text{пр}}$ : при  $t = -12^\circ\text{C}$   $d_{\text{пр}} = 1,81 \text{ г/м}^3$ ; при  $t = -3^\circ\text{C}$   $d_{\text{пр}} = 3,81 \text{ г/м}^3$ ; при  $t = 5^\circ\text{C}$   $d_{\text{пр}} = 6,76 \text{ г/м}^3$ .

Кратность воздухообмена  $K$  в производственном помещении, 1/ч,

$$K = \frac{L}{V_{\text{п}}}, \quad (42)$$

где  $L$  – количество подаваемого или удаляемого воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $V_{\text{п}}$  – объем помещения,  $\text{м}^3$ .

Количество выделяющихся в помещении вредностей определяют по методике, изложенной в литературе [12, 13].

Предельно допустимую концентрацию вредных веществ (ПДК) и температуру удаляемого воздуха, которая должна соответствовать допустимой температуре воздуха для определенного периода года и категории работ по тяжести устанавливают по ГОСТ 12.1.005 (табл. 20) и СанПиН № 11–19–94 [5, 14].

Табл. 20. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны (извлечение из ГОСТ 12.1.005)

Вещество	ПДК, $\text{мг/м}^3$	Вещество	ПДК, $\text{мг/м}^3$
1	2	3	4
Газы, пары			
Аммиак	20	Кислота уксусная	5
Ангидрид борный	5	Ксилол	50
Ангидрид малеиновый	1	Пиридин	5
Ацетальдегид	5	Полиформальдегид	5
Ацетон	200	Ртуть металлическая	0,01/0,005
Бензин-растворитель (в пересчете на С)	300	Ртуть двухлористая (сулема)	0,1
		Свинец и его неорганические соединения	0,01/0,007
Бензин топливный (сланцевый крекинг и др.) в пересчете на С	100	Сероводород	10
		Сероуглерод	1
Бор фтористый	1	Сода кальцинированная (ГОСТ 5100–73)	2
Бром	0,5		

Окончание табл. 20

1	2	3	4
Бромбензол	3	Спирт бутиловый	10
Бутилацетат	200	Спирт пропиловый	10
Гексаметилендиамин	1	Спирт этиловый	1000
Гидразин-гидрат	0,1	Стирол	5
Диизопропиламин	5	Тетрахлорэтан	5
Диметиламин	1	Тетраметилтиурамдисульфид	
Диметилсульфид	50	(тиурам, ГМТД)	0,5
Диметилформамид	10	Толуол	50
1,3-Дихлорацетон	0,05	Триэтиламин	10
Дихлорбензол	20	Углерода окись	20
Дихлорэтан	10	Фенол	0,3
Диэтиламин	30	Фенопласты	6
Диэтилбензол	10	Формальдегид	0,5
Изобутилен	100	Формаид	3
Изобутилен хлористый	0,3	Фурфурол	10
Капролактам	10	Хлор	1
Кислота акриловая	5	Хлорбензол	50
Кислота борная	10	Хлористый водород	5
Кислота муравьиная	1	Цинка окись	5
Кислота серная	1	Этилена окись	1
Кислота соляная	5	Этилтолуол	50
Аэрозоли			
Доломит	6	тальк	4
Известняк	6	стеклянное и минеральное	
Кремния карбид (карборунд)	6	волокно	4
Магнезит	10	цемент, апатит, форстерит, глина	6
Пыль хлопчатобумаж- ная, древесная и др.	6	Углерода пыли:	
Силикаты и силикатосо- держающие пыли:		кокс нефтяной, пековый, сланцевый, электродный	6
асбоцемент	6	каменный уголь с содержанием двуокси кремния менее 2%	10

Расчитывая кратность воздухообмена в производственном помещении с избытком влаговыведения, необходимо учитывать период года, тяжесть выполняемой работы, температуру приточного воздуха и его относительную влажность. В соответствии с [5, 14] параметры микроклимата для рабочей зоны с указанными выше условиями не должны превышать: относительная влажность – 75%, температура – 23°C (табл. 21).

Табл. 21. Допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория тяжести работ	Температура воздуха на рабочих местах, °С		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
		постоян.	непостоян.		
				на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более*	
Холодный	Легкая, Ia	21–25	18–26	75	0,1
	Легкая, Ib	20–24	17–25	75	0,2
	Средней тяжести, IIa	17–23	15–24	75	0,3
	Средней тяжести, IIб	15–21	13–23	75	0,4
	Тяжелая, III	13–19	12–20	75	0,5
Теплый	Легкая, Ia	22–28	20–30	45 при 30°С 50 при 29°С 55 при 28°С	0,1–0,2
	Легкая, Ib	21–28	19–30	60 при 27°С	0,1–0,2
	Средней тяжести, IIa	18–27	17–29	65 при 26°С	0,3–0,4
	Средней тяжести, IIб	16–27	15–29	70 при 25°С	0,2–0,5
	Тяжелая, III	15–26	13–28	75 при 24°С	0,2–0,6

\* Большая скорость движения воздуха в теплый период года соответствует максимальной температуре воздуха, меньшая – минимальной. Для промежуточных величин температуры воздуха скорость его движения может быть определена интерполяцией.

### 6.3. Местная вентиляция

Если выделяющиеся вредности легче окружающего воздуха, то, как правило, применяются вытяжные зонты.

Для расчета зонта необходимо знать: габаритные размеры источников выделения вредностей; скорость распространения вредностей; высоту, форму, размеры и угол раскрытия зонта, которые принимаются конструктивно.

Расчет сводится к определению средней скорости всасывания  $v_0$ , которая должна превышать скорость распространения вредностей в точке А (рис. 2).

Объем отсасываемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч,

$$L = a \cdot b \cdot v_0 \cdot 3600, \quad (43)$$

где  $a$  и  $b$  – соответственно ширина и длина зонта, м (размеры зонта принимаются на 0,2–0,5 м больше размеров источника выделения вредностей);  $v_0$  – средняя скорость всасывания, м/с.

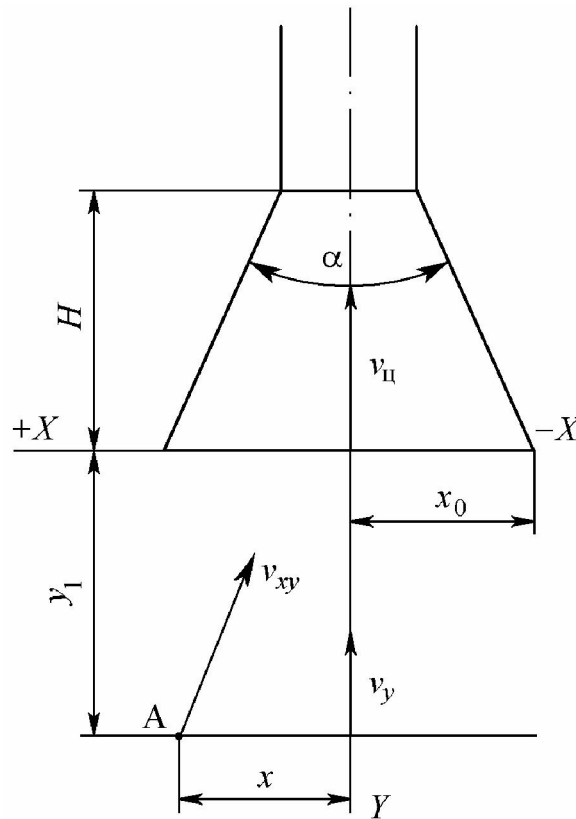


Рис. 2. Расчетная схема зонты  $x$

Средняя скорость всасывания

$$v_0 = \eta \cdot v_{\text{ц}}, \quad (44)$$

где  $\eta$  – поправочный коэффициент, определяемый по графику в зависимости от отношения  $v_{\text{ц}}/v_0$  и от угла  $\alpha$  раскрытия зонты (рис. 3);  $v_{\text{ц}}$  – скорость в центре зонты, м/с.

Скорость всасывания в центре зонты равна, м/с,

$$v_{\text{ц}} = \frac{v_{xy}}{\left[ \frac{v_y}{v_{\text{ц}}} - 0,1 \frac{\bar{x}^2}{\bar{x}_0^2 (\bar{y}_1 + 0,27) \sqrt{H}} \right]}, \quad (45)$$

где  $v_y/v_{\text{ц}}$  – относительная скорость, в которой  $v_y$  – скорость воздуха на расстоянии  $y_1$  от зонты до наиболее удаленной точки выделения вредных веществ;  $x$  и  $y_1$  – координаты точки, для которой определяется относительная скорость  $v_y/v_{\text{ц}}$  (рис. 4);  $x_0$  – расстояние от оси зонты до его кромки, м;  $H$  – высота зонты, м.

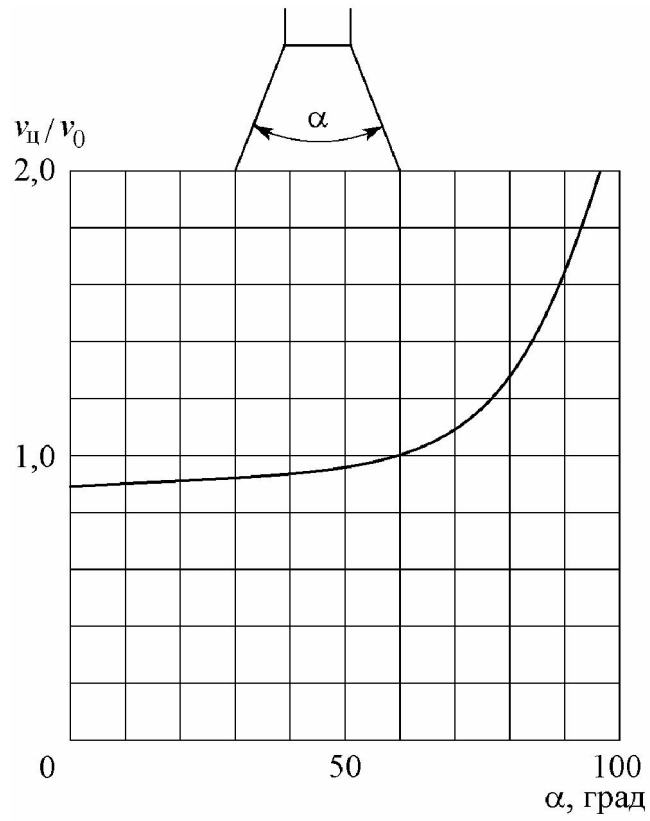


Рис. 3. Зависимость относительной центральной скорости  $v_{ц}/v_0$  воздуха от угла  $\alpha$  раскрытия зонта

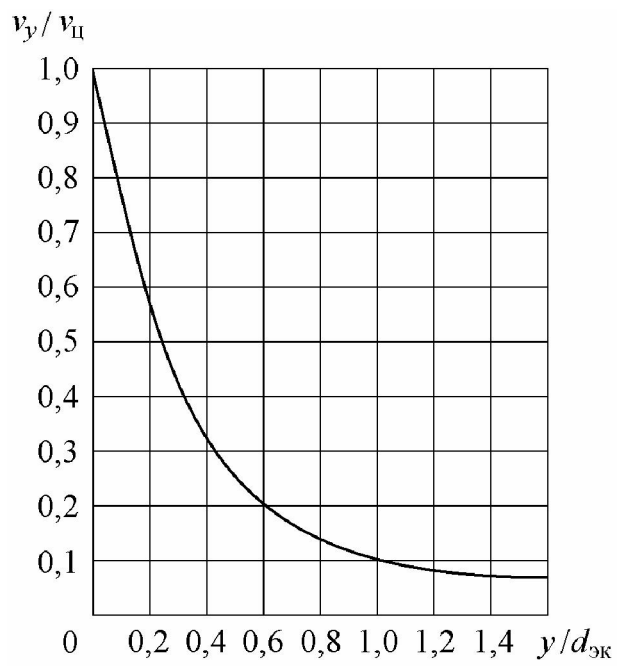


Рис. 4. Изменение относительной скорости  $v_y/v_{ц}$  по оси зонта

Величины  $\bar{x}_0, \bar{x}, \bar{y}_1, \bar{H}$  определяются по формулам:

$$\bar{x}_0 = \frac{x_0}{d_{\text{ЭК}}}; \quad \bar{x} = \frac{x}{d_{\text{ЭК}}}; \quad (46)$$

$$\bar{y}_1 = \frac{y_1}{d_{\text{ЭК}}}; \quad \bar{H} = H/d_{\text{ЭК}}, \quad (47)$$

где  $d_{\text{ЭК}}$  – эквивалентный диаметр зонта прямоугольной формы:  $d_{\text{ЭК}} = 2 \cdot a \cdot b / (a + b)$ ;  $x$  – расстояние от оси зонта до наиболее удаленной точки вредных выделений (т. е. половина  $b$ ), м;  $y_1$  – расстояние по вертикали от кромки зонта до источника выделения вредностей, м;  $H$  – высота зонта, м.

#### 6.4. Воздушные завесы

Воздушные завесы могут быть выполнены с нижней и боковой подачей воздуха. В случае боковой завесы расход воздуха и соответственно тепла увеличивается почти на 40%. Нижняя завеса является более эффективной и экономичной, но она имеет недостаток, заключающийся в том, что щели и воздухоподводящий канал засоряются.

Расчет сводится к определению расхода воздуха на завесу, температуры воздуха, подаваемого в завесу, и часового расхода тепла.

Расход воздуха через завесу, кг/с,

$$G_{\text{зав}} = q \cdot G_{\text{пр}}, \quad (48)$$

где  $q$  – отношение  $G_{\text{зав}}/G_{\text{пр}}$  (принимают в пределах 0,7–1);  $G_{\text{пр}}$  – количество приточного воздуха, проходящего через ворота при работе завесы, кг/с:

$$G_{\text{пр}} = \frac{2}{3} B \cdot h_n \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_n \cdot (\rho_n - \rho_v) \cdot \rho_n}, \quad (49)$$

где  $B$  – ширина ворот, м;  $h_n$  – высота нейтральной зоны в воротах при работе завесы, м;  $\mu$  – коэффициент расхода воздуха (табл. 22);  $\rho_n$  – плотность наружного воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_v$  – плотность воздуха в помещении, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, 9,81 м/с<sup>2</sup>.

Плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>,

$$\rho = \frac{1,283 \cdot P}{(1 + 0,00367 \cdot t) \cdot 760},$$

где  $P$  – давление воздуха (принять равным 760 мм рт. ст.);  $t$  – температура воздуха, °С.

При работе завесы высота нейтральной зоны в проеме

$$h_n = \frac{H}{1 + (1 - q)^{2/3} \cdot \left(\frac{\mu}{0,6}\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{\rho_n}{\rho_v}\right)^{1/3}} \quad (50)$$

где  $H$  – высота проема, м.

Табл. 22. Значения коэффициента  $\mu$  расхода воздуха

$q$	Односторонняя завеса $C = F_{\text{щел}}/F_{\text{вер}} = b/H$				Двусторонняя завеса $C = F_{\text{щел}}/F_{\text{вер}} = 2b/B$			
	1/40	1/30	1/20	1/15	1/40	1/30	1/20	1/15
Угол выпуска струи завесы к плоскости ворот 45°								
0,7	0,22	0,25	0,29	0,32	0,25	0,28	0,32	0,36
0,8	0,2	0,22	0,26	0,3	0,23	0,26	0,2	0,34
0,9	0,18	0,2	0,24	0,27	0,21	0,24	0,29	0,32
1,0	0,17	0,19	0,22	0,25	0,2	0,23	0,27	0,3
Угол выпуска струи завесы к плоскости ворот 30°								
0,7	0,25	0,28	0,33	0,37	0,28	0,32	0,37	0,41
0,8	0,23	0,26	0,3	0,35	0,26	0,3	0,35	0,39
0,9	0,21	0,24	0,28	0,31	0,25	0,28	0,33	0,37
1,0	0,19	0,22	0,26	0,29	0,23	0,26	0,31	0,35

Примечание.  $b$  – ширина щели завесы, мм;  $B$  – ширина ворот, м.

Расход тепла на нагрев наружного воздуха, проникающего в помещение

$$Q = G_n \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \quad (51)$$

где  $G_n$  – количество наружного воздуха, проникающего в помещение, кг/с:

$$G_n = G_{\text{пр}} - G_{\text{зав}}, \quad (52)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость воздуха:  $c = 1,005$  кДж/(кг·°С);  $t_1, t_2$  – температуры воздуха, проникающего в цех до нагрева и после нагрева, °С.

Определяем температуру воздуха, выходящего из завесы:

$$t_{\text{зав}} = t_2 + Q / 1,005 \cdot G_{\text{зав}}. \quad (53)$$

Расчет двусторонней боковой завесы отличается от варианта с нижней подачей воздуха только тем, что  $\mu$  будет иметь другое значение.



## 6.5. Бортовые отсосы гальванических ванн

Бортовые отсосы получили наибольшее распространение в цехах металлопокрытий для улавливания вредных веществ с поверхности растворов в гальванических ваннах.

Эффект улавливания и удаления вредных паров и газов бортовым отсосом определяется расходом отсасываемого воздуха, зависит от конструкции отсоса и не зависит от скорости входа воздуха в щели.

Следует устраивать двубортовые отсосы, требующие меньшего расхода вентиляционного воздуха. Если поверхность электролита в ванне находится ниже борта на расстоянии не более 100 мм, то щель располагают у борта ванны по схеме, приведенной на рис. 5.

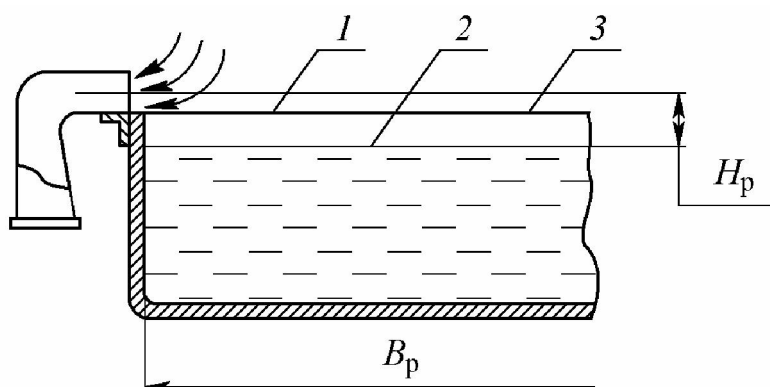


Рис. 5. Схема обычного бортового отсоса: 1 – уровень борта ванны; 2 – уровень поверхности электролита; 3 – ось щели отсоса

Если поверхность электролита в ванне находится ниже борта на расстоянии более 100 мм, то щель располагают у борта ванны по схеме, приведенной на рис. 6.

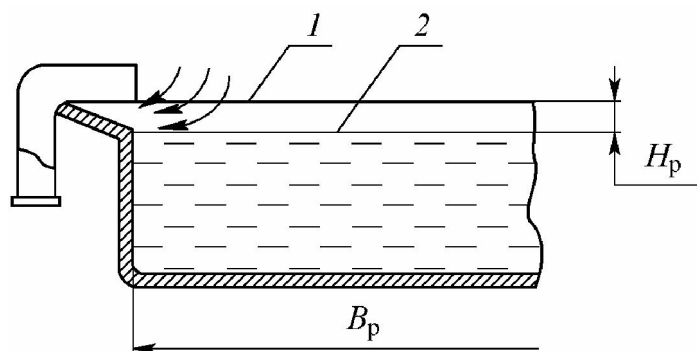


Рис. 6. Схема опрокинутого бортового отсоса: 1 – уровень борта ванны; 2 – уровень поверхности электролита

Расход воздуха, удаляемого одно- и двубортовыми отсосами без поддува, определяют по формуле, м<sup>3</sup>/ч,

$$L = 1400 \cdot \left( 0,53 \cdot \frac{B_p \cdot l}{B_p + l} + H_p \right)^{\frac{1}{3}} \cdot B_p \cdot l \cdot K_1 \cdot K_{\Delta t} \cdot K_T, \quad (54)$$

где  $B_p$  – расчетная ширина ванны, м (для двубортовых отсосов принимается равной расстоянию между кромками отсосов, для однобортовых отсосов – расстоянию между кромкой отсоса и бортом ванны);  $l$  – длина ванны, м;  $H_p$  – расчетное расстояние от зеркала электролита до оси щели для обычных отсосов, м (рис. 5);  $H_p$  – расчетное расстояние от зеркала электролита до щели для опрокинутых отсосов, м (рис. 6);  $K_1$  – коэффициент учета конструкции отсоса, принимаемый равным: 1 – для двубортового отсоса без поддува; 1,8 – для однобортового отсоса без поддува;  $K_{\Delta t}$  – коэффициент учета температуры электролита (табл. 23);  $K_T$  – коэффициент учета токсичности выделяющихся с поверхности раствора в ванне вредных веществ (табл. 24).

Табл. 23. Зависимость коэффициента  $K_{\Delta t}$  от вида отсоса и температуры

Вид отсоса	Разность температур раствора и воздуха $\Delta t$ , °С								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Без поддува	1,00	1,16	1,31	1,47	1,63	1,79	1,94	2,10	2,26
С поддувом	1,00	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24

Табл. 24. Характеристика вредных веществ, выделяющихся из гальванических ванн, в зависимости от вида обработки металлов

Вид обработки	Выделяющиеся вредные вещества	Количество вредных веществ, выделяющихся в 1 с с 1 м <sup>2</sup> поверхности растворов, г, не более	$K_T$
1	2	3	4
Электрохимическая обработка металлов в растворах, содержащих хромовую кислоту, концентрации 150–300 г/л при нагрузке на ванну $J = 1000$ А (хромирование, анодное декапирование, снятие меди и др.)	Хромовый ангидрид	$1 \cdot 10^{-2}$	2,00

Продолжение табл. 24

1	2	3	4
Электрохимическая обработка металлов в растворах, содержащих хромовую кислоту, концентрации 30–60 г/л при нагрузке на ванну $J = 1000$ А (электрополировка алюминия, стали и др.)	Хромовый ангидрид	$2 \cdot 10^{-3}$	1,60
Электрохимическая обработка металлов в растворах, содержащих хромовую кислоту, концентрации 30–100 г/л при нагрузке на ванну $J = 500$ А, а также химическое оксидирование алюминия и магния (анодирование алюминия, анодирование магниевых сплавов и др.)		$1 \cdot 10^{-3}$	1,25
Химическая обработка стали в растворах хромовой кислоты и ее солей при температуре раствора более $50^\circ\text{C}$ (пассивирование, травление, снятие оксидной пленки, наполнение в хромпике и др.)		$5,5 \cdot 10^{-6}$	1,00
Химическая обработка металлов в растворах хромовой кислоты и ее солей при температуре раствора менее $50^\circ\text{C}$ (осветление, пассивирование и др.)		0	0
Химическая обработка металлов в растворах щелочей (оксидирование стали, химическая полировка алюминия, рыхление окалина на титане, травление алюминия, магния и их сплавов и др.) при температуре раствора, $^\circ\text{C}$ : более 100 менее 100	Щелочь	$5,5 \cdot 10^{-2}$	1,25
		$5,5 \cdot 10^{-2}$	1,60
Электрохимическая обработка металлов в растворах щелочи (анодное снятие шлама, обезжиривание, лужение, снятие олова, оксидирование меди, снятие хрома и др.)		$1,1 \cdot 10^{-2}$	1,60
Химическая обработка металлов, кроме алюминия и магния, в растворах щелочи (химическое обезжиривание, нейтрализация и др.) при температуре раствора, $^\circ\text{C}$ : более 50 менее 50		0 0	1,00 0
Кадмирование, серебрение, золочение и электродекапирование в цианистых растворах	Цианистый водород	$5,5 \cdot 10^{-3}$	2,00
Цинкование, меднение, латунирование, химическое декапирование и амальгирование в цианистых растворах		$1,5 \cdot 10^{-3}$	1,60

Продолжение табл. 24

1	2	3	4
Химическая обработка металлов в растворах, содержащих фтористоводородную кислоту и ее соли	Фтористый водород	$2,0 \cdot 10^{-2}$	1,60
Химическая обработка металлов в концентрированных холодных и разбавленных нагретых растворах, содержащих соляную кислоту (травление, снятие шлама и др.)	Хлористый водород	$8 \cdot 10^{-2}$	1,25
Химическая обработка металлов, кроме снятия цинкового и кадмиевого покрытия, в холодных растворах, содержащих соляную кислоту концентрации до 200 г/л (травление, декапирование и др.)		$3 \cdot 10^{-4}$	0
Электрохимическая обработка металлов в растворах, содержащих серную кислоту концентрации 150–350 г/л, а также химическая обработка металлов в концентрированных холодных и разбавленных нагретых ее растворах (анодирование, электрополирование, травление, снятие никеля, серебра, гидридная обработка титана и др.)	Серная кислота	$7 \cdot 10^{-3}$	1,60
Меднение, лужение, цинкование и кадмирование в сернокислых растворах при температуре раствора менее 50°, а также химическое декапирование		0	0
Химическая обработка металлов в концентрированных нагретых и электрохимическая обработка в концентрированных холодных растворах, содержащих ортофосфорную кислоту (химическая полировка алюминия, электрополировка стали, меди и др.)	Фосфорная кислота	–	1,60
Химическая обработка металлов в концентрированных холодных и разбавленных нагретых растворах, содержащих ортофосфорную кислоту (фосфатирование и др.)		–	1,25
Химическая обработка металлов в разбавленных растворах, содержащих азотную кислоту (осветление алюминия, химическое снятие никеля, травление, декапирование меди, пассивирование и др.) при концентрации раствора, г/л: более 100 менее 100	Азотная кислота и окислы азота	$3 \cdot 10^{-3}$	1,25
		0	0

1	2	3	4
Никелирование в хлоридных растворах при плотности тока 3–5 А/дм <sup>2</sup>	Растворимые соли никеля	1,5·10 <sup>-4</sup>	2,00
Никелирование в сульфатных растворах при плотности тока 1–3 А/дм <sup>2</sup>		3·10 <sup>-5</sup>	1,60

*Примечания:* 1. В бортовом отсосе задерживается 85% вредных веществ.  
2. Если  $K_T = 0$ , то отсос воздуха от ванны не требуется.

Расход воздуха, удаляемого одно- и двубортовыми отсосами с поддувом, определяют по формуле

$$L = 1200 \cdot B_p^{3/2} \cdot l \cdot K_1 \cdot K_{\Delta} \cdot K_T, \quad (55)$$

где  $B_p$  – расчетная ширина ванны, м (для двубортовых отсосов принимается равной расстоянию между кромками отсосов; для однобортовых отсосов – расстоянию между кромкой отсоса и осью воздухоподающей трубы);  $K_1$  – коэффициент учета конструкции отсоса, принимаемый равным: 0,7 – для двубортового отсоса с поддувом; 1 – для однобортового отсоса с поддувом;  $K_T$  – коэффициент учета токсичности выделяющихся с поверхности раствора в ванне вредных веществ (для отсосов с поддувом во всех случаях  $K_T = 1$ ).

Расход воздуха на поддув рассчитывают по формуле, м<sup>3</sup>/ч,

$$L_{\Pi} = 60 \cdot B_p \cdot l \cdot K_{\Delta}. \quad (56)$$

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### 1. Классификация помещений по пожарной и взрывной опасности (по ПУЭ)

Пожароопасные помещения согласно ПУЭ подразделяют на следующие классы.

Класс П-I – помещения, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки выше 45°C (например, склады минеральных масел, установки по регенерации минеральных масел и т. п.).

Класс П-II – помещения, в которых выделяются горючие пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние. Возникающая при этом опасность ограничена пожаром (но не взрывом) либо в силу физических свойств пыли или волокон (степени измельчения, влажности и т. п., при которых нижний предел воспламенения составляет 65 г/м<sup>3</sup>), либо в силу того, что содержание их в воздухе по условиям эксплуатации не достигает взрывоопасных концентраций (например, мало запыленные помещения мельниц, деревообрабатывающие цехи и др.).

Класс П-IIIа – производственные и складские помещения, содержащие твердые или волокнистые горючие вещества (дерево, ткани и т. п.), причем признаки, перечисленные для помещения П-II, отсутствуют.

Класс П-IIIб – наружные установки, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45°C.

Взрывоопасные помещения (зоны) подразделяют на следующие классы:

Класс В-1 – помещения, в которых выделяются горючие газы или пары в таком количестве и обладающие такими свойствами, что они могут образовать с воздухом или другими окислителями взрывоопасные смеси не только при аварийных, но и при нормальных недлительных режимах работы, например при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ и ГЖ, находящихся в открытых сосудах, и т. п.

Класс В-1а – помещения, в которых при нормальной эксплуатации нет взрывоопасных смесей горючих газов и паров с воздухом или другими окислителями, а возможно появление их лишь в результате

аварий или неисправностей технологического оборудования.

Класс В-1б – помещения те же, что и класса В-1а, но имеют одну из следующих особенностей: горючие газы в этих помещениях обладают высоким нижним пределом взрываемости (15% и более) и резким запахом при предельно допустимых по санитарным нормам концентрациях (например, машинные зады аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок); образование в аварийных случаях в помещениях общей взрывоопасной концентрации по условиям технологического процесса исключается, а возможна лишь местная взрывоопасная концентрация (например, помещения электролиза воды и поваренной соли), горючие газы, ЛВЖ и ГЖ имеются в помещениях в небольших количествах, недостаточных для создания общих взрывоопасных концентраций, и работа с ними производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

Класс В-1г – наружные установки (вне помещений), содержащие взрывоопасные газы, пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (например, газгольдеры, емкости, сливно-наливные эстакады и т. п.), где взрывоопасные смеси возможны только в результате аварий или неисправности.

Класс В-2 – помещения, в которых выделяются горючие пыли или волокна, переходящие во взвешенное состояние и способные образовать с воздухом и другими окислителями взрывоопасные смеси не только при аварийных, но и при нормальных недлительных режимах работы (например, при нагрузке и разгрузке технологических аппаратов).

Класс В-2а – помещения, в которых указанные для класса В-2 опасные состояния не возникают при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

## **2. Классификация помещений по характеру окружающей среды**

1. Нормальное сухое помещение, в котором отсутствуют признаки, свойственные помещениям жарким, пыльным, с химически активной средой, пожароопасным и взрывоопасным (пп. 6–10).

2. Сухое – относительная влажность воздуха в помещении не превышает 60%.

3. Влажное – пары или конденсирующаяся влага выделяются в помещении лишь временно и притом в небольших количествах. Относительная влажность воздуха в помещении более 60%, но не превы-

шает 75%.

4. Сырое – относительная влажность воздуха длительно превышает 75%.

5. Особо сырое – относительная влажность воздуха в помещении близка к 100% (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой).

6. Жаркое – температура воздуха в помещении длительно превышает 30°C.

7. Пыльное – по условиям производства в помещении выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п. Пыль может быть токопроводящей и токонепроводящей.

8. С химически активной средой – по условиям производства в помещении могут содержаться постоянно или временно пары или образуются отложения, разрушительно действующие на изоляции и токоведущие части оборудования.

9. Пожароопасное – помещение, в котором по условиям производства выделяются пожароопасные пары, газы и пыль в количествах, образующих пожароопасные концентрации.

10. Взрывоопасное – помещение, в котором по условиям производства выделяются взрывоопасные пары, газы и пыль в количествах, образующих взрывоопасные концентрации.



### 3. Область применения люминесцентных светильников в зависимости от окружающей среды

Светильник	Характеристика помещения															
	сухое	влаж-ное	сы-рое	особо сы-рое	пыль-ное	с хими-чески активной средой	пожароопасное				взрывоопасное					
							П-I	П-II	П-IIa	П-III	В-I <sup>1)</sup>	В-Ia <sup>2)</sup>	В-Iб	В-Iг <sup>2)</sup>	В-II	В-IIa
ОД, ОДО	+	+	х	-	х <sup>х</sup>	-	-	х <sup>хх</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
ОД, ОДОР, МОДР	+	+	х	-	х <sup>х</sup>	-	-	х <sup>хх</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
ПВЛ	х	х	х	+	х	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
МЛ	+	х	-	-	х <sup>х</sup>	-	-	х <sup>хх</sup>	+	-	-	-	-	-	-	-
ВОД, ВЛВ, ВЛН, ПЛУ	х	+	+	х	+	+	х	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ШОД, ШЛП, АОД	+	х	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
РВЛ	-	(-)	(-)	-	х	(-)	(-)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-
НОГЛ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	х	+	х	-	х	х
СХЛ	-	-	-	(-)	(-)	+	х	х	-	-	-	-	-	-	-	-
ПНЗ	+	+	х	-	х <sup>х</sup>	-	-	х <sup>хх</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-

Условные обозначения: «+» – рекомендуется; «х» – допускается; «(-)» допускается в исключительных случаях при обоснованной необходимости; «-» – запрещается; «х<sup>х</sup>» – применяется при ограниченном количестве пыли в зоне установки; «х<sup>хх</sup>» – применяется только в помещениях, имеющих общую вентиляцию и общий отсос отходов.

<sup>1)</sup> Светильники взрывопроницаемого исполнения для соответствующей категории.

<sup>2)</sup> Светильники в любом взрывозащищенном исполнении.

#### 4. Выбор проводов в зависимости от окружающей среды

Тип проводки	Марка проводов и способ прокладки	Характеристика помещения																		
		сухое	влажное	сырое	особо сырое	пыльное	жаркое	с химически активной средой	пожароопасное				взрывоопасное					Наружные установки		
									П-I	П-II	П-IIa	П-III	В-I	В-Ia	В-Iб	В-Iг	В-II		В-IIa	
Открытая на изолирующих опорах	АПРД на роликах	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	АПР на роликах	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x
	АПР на изоляторах	+	+	+	+	+	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-
	Голые алюминиевые провода на изоляторах	x	x	x	x	-	+	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x
Открытая поверхность стен (потолка)	АТПРФ, АВРГ (в исключительных случаях)	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	x	-	-	-	-	-
		-	x	+	+	+	+	+	+	x	x	x	-	x	x	x	x	x	-	-
	АППВ и АПН	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	АПР в тонких металлоизоляционных трубах	+	-	-	-	x	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	АПР и АПРТО в стальных трубах	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	+	+	+	+	+	+	+	+	x

Условные обозначения: «+» – рекомендуется; «x» – допускается, если это целесообразно по местным условиям; «-» – запрещается или применение нецелесообразно.

### 5. Нормируемые показатели освещения помещений промышленных предприятий

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк		Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации	КЕО $e_n$ , %					
						при системе комбинированного освещения	при системе общего освещения		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении		
													всего	в т. ч. от общего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	a	Малый	Темный	5000 4500	500 500	– –	20 10	10 10	–	–	6,0	2,0
			b	Малый Средний	Средний Темный	4000 3500	400 400	1250 1000	20 10	10 10				
			в	Малый Средний	Светлый Средний	2500 2000	300 200	750 600	20 10	10 10				
				Большой	Темный	2000	200	600	10	10				
г	Средний Большой	Светлый »	1500 1250	200 200	400 300	20 10	10 10							
	»	Средний	1250	200	300	10	10							
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	a	Малый	Темный	4000 3500	400 400	– –	20 10	10 10	–	–	4,2	1,5
			b	Малый Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10				

Продолжение прил. 5

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

Продолжение прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
			г	Средний Большой »	Светлый » Средний	–	–	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		То же		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса постоянное		VIII	а	»		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б			–	–	75	–	–	1	0,3	0,7	0,2

Окончание прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении			в	»	–	–	50	–	–	0,7	0,2	0,5	0,2	
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями			г	»	–	–	20	–	–	0,3	0,1	0,2	0,1	

*Примечания:* 1. Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности настоящих норм:

- а) на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;
- б) то же, общего освещения для разрядов I–V, VI;
- в) на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.

2. Освещенность при работах со светящимися объектами размером 0,5 мм и менее следует выбирать в соответствии с размером объекта различения и относить их к подразряду «в».

3. Показатель ослепленности регламентируется в графе 10 только для общего освещения (при любой системе освещения).

4. Коэффициент пульсации  $K_{п}$  указан в графе 11 для системы общего освещения или для светильников местного освещения при системе комбинированного освещения.  $K_{п}$  от общего освещения в системе комбинированного не должен превышать 20%.

5. Предусматривать систему общего освещения для разрядов I–III, IVа, IVб, IVв, Va допускается только при технической невозможности или экономической нецелесообразности применения системы комбинированного освещения, что конкретизируется в отраслевых нормах освещения, согласованных с органами Государственного санитарного надзора.

6. В помещениях, специально предназначенных для работы или производственного обучения подростков, нормированное значение КЕО повышается на один разряд по графе 3 и должно быть не менее 1,0%.

**6. Наивыгоднейшие значения отношения  $\gamma = L_{св} / H_{св}$   
для некоторых распространенных светильников**

Тип светильника	$\gamma_c$	$\gamma_3$
Светильники с лампами накаливания		
Универсаль без затенителя У	1,5	1,9
Универсаль с затенителем У <sub>з</sub>	1,4	1,8
Глубокоизлучатель эмалированный Г <sub>э</sub>	1,4	1,7
Глубокоизлучатель Г <sub>с</sub>	0,9	1,1
Глубокоизлучатель Г <sub>к</sub>	2,7	0,8
Фарфоровый Ф <sub>м</sub>	2,0	3,0
Промышленный уплотненный без отражателей ПУ, СПБ	2,0	2,5
Промышленный уплотненный с отражателем ПУ	1,5	1,9
Для химически активной среды без отражателя СХ	2,0	3,0
Для химически активной среды с отражателями СХ и СХМ	1,4	1,8
Взрывозащищенные без отражателей	2,0	2,7
Взрывозащищенные с отражателем	1,4	1,8
Светильники с люминесцентными лампами		
ОД, ОДР, ОДО, ОДОР, МОД, ПВЛ-6, НОГЛ, ПЛУ	1,4	–
ВОД, ВЛН, ПВЛ-1	1,5	–

**7. Коэффициент запаса  $K_3$**

Помещения и территории	Естественное освещение и расположение светопропускающего материала			Искусственное освещение	
	вертикально	наклонно	горизонтально	газоразрядные лампы	лампы накаливания
1	2	3	4	5	6
1. Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне:					
а) свыше 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	1,5	1,7	2	2	1,7
б) от 1 до 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5
в) менее 1 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а также обладающих большой корродирующей способностью	1,5	1,7	2	1,8	1,5

## Окончание прил. 7

1	2	3	4	5	6
2. Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха при обслуживании светильников:					
а) с технического этажа	–	–	–	1,3	1,15
б) снизу из помещения	–	–	–	1,4	1,2
3. Помещения общественных и жилых зданий	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3
4. Территории:					
а) металлургических, химических, горнодобывающих предприятий, шахт, рудников, железнодорожных станций и прилегающих к ним улиц и дорог;	–	–	–	1,5	1,4
б) промышленных предприятий (кроме указанных в подпункте «а») и общественных зданий	–	–	–	1,5	
5. Улицы, площадки, дороги, территории жилых районов и выставок, парки, бульвары	–	–	–	1,5	1,3

**8. Коэффициенты отражения потолка  $\rho_{пт}$ , стен  $\rho_{ст}$  и пола  $\rho_{пл}$** 

Состояние потолка, пола	$\rho_{пт}$ и $\rho_{пл}$	Состояние стен	$\rho_{ст}$
Потолок		Свежепобеленные с окнами, закрытыми белыми шторами	0,7
Свежепобеленный	0,7		
Чистый бетонный	0,5	Свежепобеленные с окнами без штор	0,5
Побеленный в сырых помещениях	0,5		
Пол		Бетонные с окнами, оштукатуренные	0,3
Светлый деревянный (окрашенный)	0,5		
Бетонный грязный	0,3	Оклеенные светлыми обоями	0,3
Деревянный неокрашенный	0,3		
Грязный (кузницы, склад угля)	0,1	Грязные	0,1
		Оклеенные темными обоями	0,1



**9. Значения коэффициента  $\eta_n$  использования светового потока  
светильников с люминесцентными лампами**

Коэффициент отражения, %	Тип светильника																				
	ОД			ОДР и ПВЛ-6			ОДО			ШОД			ОДОР			ВОД, ВЛВ, ВЛН			НОГЛ		
$\rho_{пт}$	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
$\rho_{ст}$	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5
$\rho_{пл}$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Индекс помещения $i$ , %	Коэффициент использования																				
0,5	0,20	0,25	0,30	0,21	0,24	0,28	0,19	0,21	0,29	0,14	0,16	0,22	0,17	0,20	0,26	0,14	0,17	0,18	0,16	0,19	0,24
0,6	0,25	0,29	0,34	0,24	0,27	0,32	0,22	0,26	0,32	0,18	0,21	0,28	0,20	0,24	0,30	0,17	0,20	0,22	0,20	0,23	0,28
0,7	0,29	0,33	0,38	0,27	0,30	0,35	0,25	0,29	0,36	0,21	0,24	0,32	0,23	0,28	0,34	0,20	0,24	0,25	0,27	0,30	0,35
0,8	0,33	0,36	0,42	0,29	0,33	0,38	0,28	0,33	0,40	0,24	0,27	0,35	0,26	0,31	0,37	0,22	0,26	0,27	0,31	0,34	0,38
0,9	0,35	0,39	0,45	0,32	0,36	0,41	0,31	0,36	0,42	0,27	0,30	0,38	0,28	0,33	0,40	0,25	0,28	0,30	0,32	0,35	0,39
1,0	0,38	0,42	0,47	0,34	0,38	0,44	0,33	0,38	0,46	0,29	0,32	0,41	0,30	0,35	0,42	0,27	0,30	0,32	0,33	0,36	0,40
1,10	0,40	0,44	0,50	0,36	0,41	0,46	0,36	0,41	0,48	0,31	0,34	0,43	0,33	0,37	0,45	0,28	0,31	0,33	0,35	0,38	0,42
1,25	0,43	0,48	0,53	0,39	0,44	0,48	0,38	0,44	0,51	0,34	0,37	0,46	0,35	0,40	0,48	0,30	0,33	0,35	0,37	0,40	0,43
1,50	0,47	0,52	0,57	0,43	0,47	0,52	0,42	0,48	0,54	0,37	0,40	0,50	0,38	0,43	0,51	0,33	0,36	0,38	0,39	0,42	0,46
1,75	0,51	0,54	0,60	0,46	0,50	0,54	0,45	0,51	0,59	0,40	0,43	0,53	0,41	0,46	0,54	0,35	0,38	0,40	0,42	0,44	0,47
2,00	0,54	0,57	0,62	0,49	0,52	0,56	0,47	0,53	0,61	0,42	0,45	0,55	0,43	0,48	0,56	0,37	0,40	0,42	0,43	0,46	0,49
2,25	0,56	0,59	0,64	0,51	0,54	0,58	0,49	0,55	0,63	0,44	0,47	0,57	0,45	0,50	0,58	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,50
2,50	0,57	0,60	0,65	0,52	0,55	0,60	0,50	0,56	0,65	0,45	0,48	0,59	0,46	0,51	0,59	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,51
3,00	0,60	0,63	0,67	0,55	0,58	0,62	0,53	0,59	0,67	0,48	0,50	0,61	0,48	0,53	0,61	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,53
3,50	0,62	0,65	0,69	0,57	0,59	0,63	0,55	0,61	0,69	0,50	0,52	0,63	0,50	0,55	0,63	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,55
4,00	0,64	0,66	0,70	0,58	0,61	0,64	0,56	0,62	0,70	0,51	0,54	0,65	0,51	0,56	0,64	0,45	0,47	0,49	0,51	0,53	0,56
5,00	0,66	0,69	0,72	0,60	0,62	0,65	0,58	0,65	0,72	0,53	0,56	0,67	0,53	0,58	0,66	0,47	0,48	0,50	0,52	0,54	0,57

### 10. Параметры люминесцентных ртутных ламп низкого давления

Типы ламп	Напряжение сети, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Средняя продолжительность горения, ч		
ЛБ-30 ЛХБ-30 ЛТБ-30 ЛД-30 ЛДЦ-30	220	30	1740	58	3000		
				1500		50	
				1500		50	
				1380		46	
				1110		37	
ЛБ-40 ЛХБ-40 ЛТБ-40 ЛД-40 ЛДЦ-40		40		2480		62	
				2200		55	
				2200		55	
				1960		49	
				1520		38	
ЛБ-80 ЛХБ-80 ЛТБ-80 ЛД-80 ЛДЦ-80		80	80	4320		54	
						3840	48
						3840	48
						3440	43
						2720	34

### 11. Номинальные значения световых и электрических характеристик ламп накаливания для местного освещения

Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт
12	11	100	9,1
12	20	200	10,0
12	40	500	12,5
36	14	100	7,1
36	25	200	8,0
36	50	500	10,0

## 12. Постоянная помещения $V_{1000}$

Тип помещения	Описание помещения	$V_{1000}, \text{м}^2$
1	С небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т. п.)	$\frac{V}{20}$
2	С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, ткацкие и деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т. п.)	$\frac{V}{10}$
3	С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управлений, залы конструкторских бюро, аудитории учебных заведений, залы ресторанов, торговые залы магазинов, залы ожидания аэропортов и вокзалов, номера гостиниц, классные помещения в школах, читальные залы библиотек, жилые помещения и т. п.)	$\frac{V}{6}$
4	Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	$\frac{V}{1,5}$

## 13. Частотный множитель $\mu$

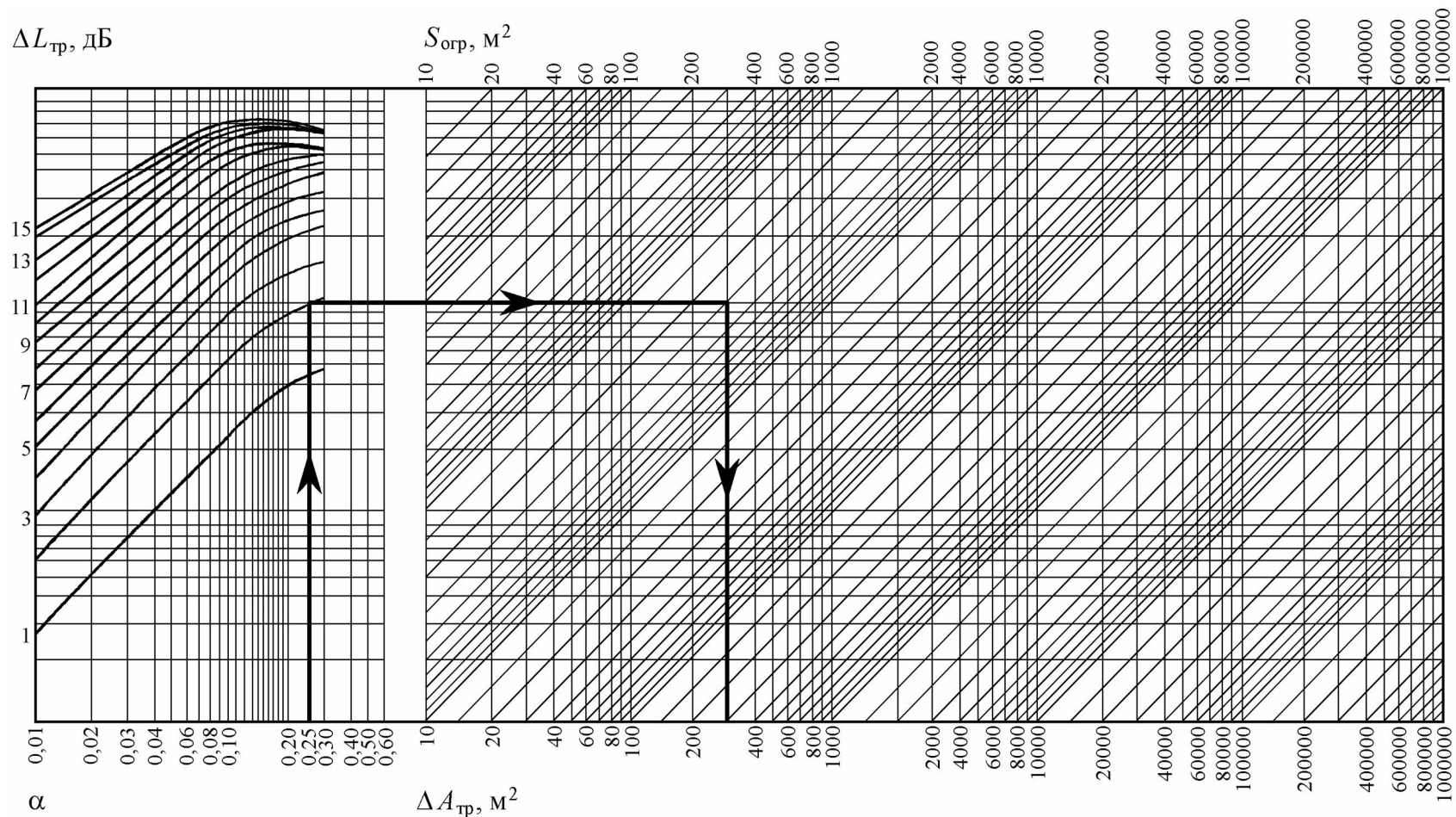
Объем помещения, $\text{м}^3$	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V < 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$V = 200-1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$V > 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

**14. Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест**

№ пп	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование. Преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории, рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинетах наблюдения и дистанционного управления, без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 1–4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

### 15. Номограмма для расчета $\Delta A_{\text{тр}}$ по известным величинам $\alpha$ , $\Delta L_{\text{тр}}$ и $S_{\text{огр}}$

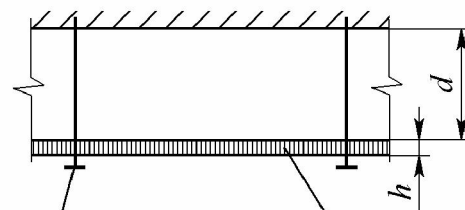


Пример определения  $\Delta A_{\text{тр}}$ :  $\alpha = 0,25$ ;  $\Delta L_{\text{тр}} = 2$  дБ;  $S_{\text{огр}} = 300$  м<sup>2</sup>. Тогда  $\Delta A_{\text{тр}} = 300$  м<sup>2</sup>.

## 16. Акустические характеристики звукопоглощающих облицовок

Изделие или конструкция, ГОСТ или ТУ	Средняя плотность звукопоглощающего материала $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Толщина слоя звукопоглощающего материала $h$ , мм	Воздушный зазор, $d$ , мм	Реверберационный коэффициент звукопоглощения при среднегеометрической частоте октавной полосы, Гц							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Звукопоглощающие облицовки без перфорированного покрытия



Элемент крепления

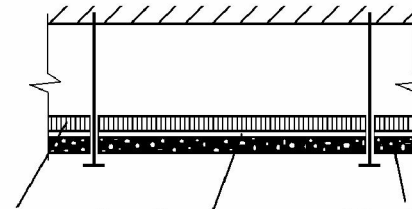
Звукопоглощающий материал

1. Плиты марки ПА/С, минераловатные, акустические, отделка «набрызгом», размер 500×500 мм (ТУ 21–24–60–74), к-т «Красный строитель»	150	20	0	(0,02)	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89	0,70
2. Плиты типа «Акмигран», «Акминит», минераловатные, размер 300×300 мм (ГОСТ 17918–72)	400	20	0	(0,02)	0,11	0,30	0,85	0,9	0,78	0,72	0,59
3. Плиты АГП, гипсовые, размер 810×810 мм, с заполнением из минеральной ваты, перфорация по квадрату 13%, диаметр 4 мм (ГОСТ 21–26–76)	80	20	0	(0,03)	0,09	0,26	0,54	0,94	0,67	0,40	0,30

Окончание прил. 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4. Маты из супертонкого стекловолокна (ТУ 21-01-224-69), оболочка из стеклоткани (ГОСТ 19907-74)	15	50	0	(0,1)	0,4	0,85	0,98	1,0	0,93	0,97	1,0
5. Маты из супертонкого базальтового волокна (РСТ УСС 5013-76), оболочка из стеклоткани типа Э-0,1 (ГОСТ 19907-74)	20	200	0	(0,28)	1,0	1,0	1,0	0,9	0,81	0,97	0,96

Звукопоглощающие облицовки с перфорированным покрытием

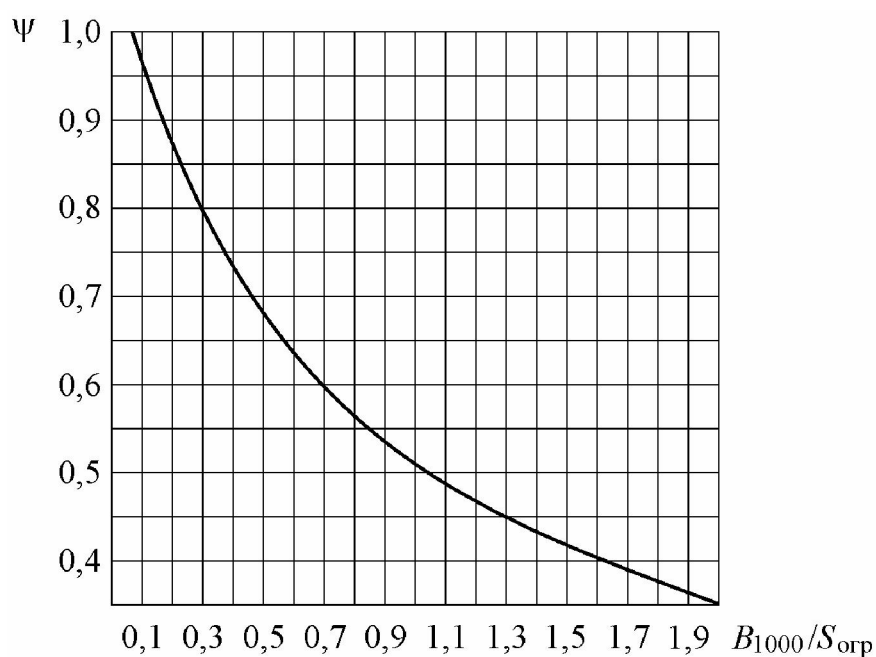


Звукопоглощающий материал (1)      Защитная оболочка (2)      Перфорированное покрытие (3)

6. 1 – минераловатная плита (ГОСТ 9573-72); 2 – стеклоткань типа Э-0,1 (ГОСТ 19907-74); 3 – просечно-вытяжной лист толщиной 2 мм, перфорация 74% (ГОСТ 8706-58)	125	50	0	0,09	0,18	0,55	1,0	0,86	0,79	0,85	0,85
7. 1 – супертонкое стекловолокно (ТУ 21-01-224-69); 2 – стеклоткань типа Э-0,1 (ГОСТ 19907-74); 3 – просечно-вытяжной лист толщиной 2 мм, перфорация 74% (ГОСТ 8706-58)	15	100	0	0,15	0,47	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,95
8. То же	15	100	250	0,5	0,93	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0



**17. График для определения коэффициента  $\psi$  в зависимости от отношения постоянной помещения  $V_{1000}$  к площади ограждающих поверхностей  $S_{огр}$**



**18. Частотные характеристики звукоизолирующей способности ограждений**

Материал или тип ограждения	Толщина, мм	Звукоизолирующая способность, дБ							
		Среднегеометрическая частота, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Однослойные ограждения	50	32	36	36	36	36	41	46	52
	100	36	36	36	36	40	46	52	57
Железобетонные плиты	200	39	39	39	41	47	52	57	62
	300	41	41	41	45	50	55	60	65
	400	42	42	43	43	53	38	63	68
Стеклоблоки БК-98	98	36	37	40	42	45	48	50	—
Фанера	3	9	12	16	18	21	24	27	26
	5	13	16	19	22	25	27	25	29
	10	17	20	23	26	28	28	29	33
Сталь	0,7	8	15	19	23	26	30	34	37
	1,0	13	17	21	25	28	32	36	35
	2	16	20	24	28	32	36	35	33
	3	19	23	27	31	35	37	38	39
	5	22	26	32	35	35	33	35	—
	8	24	38	41	42	39	38	41	—

Продолжение прил. 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дюралюминий	1	6	10	14	18	22	25	29	28
	2	10	15	19	23	26	31	35	–
	3	12	16	20	24	28	31	32	30
	4	13	17	22	25	29	28	24	31
	5	15	19	23	27	30	25	27	33
Стекло органическое	10	11	17	22	30	33	33	33	37
	20	16	21	28	33	33	33	33	42
Стекло силикатное	3	8	12	16	18	20	22	20	18
	6	12	18	18	20	23	25	25	24
Оконный блок (2 стекла по 3 мм, воздушный промежуток 170 мм, притворы с уплотняющими прокладками)	–	27	33	33	36	38	38	38	–

Слоистые конструкции

Дюралюминиевый лист	2								
Минераловатная плита ( $\gamma = 100 \text{ кг/м}^3$ )	80	–	15	20	28	36	43	50	–
Дюралюминиевый лист	2								
Минераловатная плита ( $\gamma = 100 \text{ кг/м}^3$ )	160	–	17	26	37	45	52	55	57
Стальной лист	5								
Минераловатная плита ( $\gamma = 100 \text{ кг/м}^3$ )	80	–	25	34	43	48	50	50	–
Стальной лист	5								
Минераловатная плита ( $\gamma = 100 \text{ кг/м}^3$ )	160	–	28	39	49	53	53	54	–
Дюралюминиевый лист	2								
Минераловатная плита ( $\gamma = 10 \text{ кг/м}^3$ )	80	–	28	41	51	55	56	52	55

Окончание прил. 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дюралюминиевый лист	3								
Стальной лист	3								
Минераловатная плита ( $\gamma = 100 \text{ кг/м}^3$ )	80	–	37	43	51	55	53	58	60

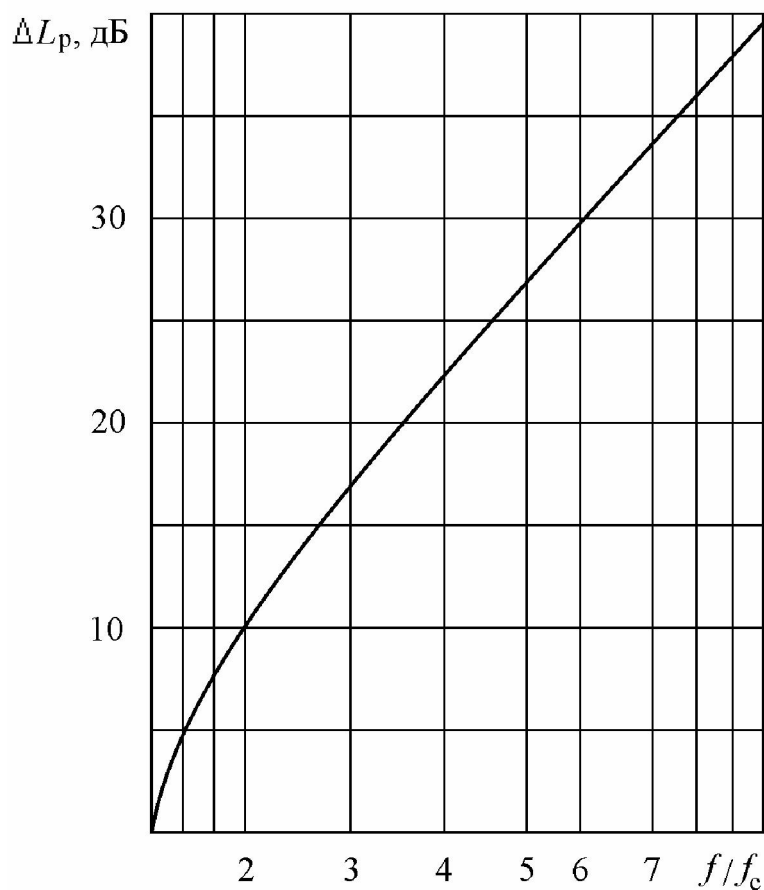
### 19. Характеристика некоторых вибродемпфирующих материалов

Материал	$E_n, E_m$	$\eta_1, \eta_3$	$\eta_3 \cdot E_n, \text{ Па}$
Мастика:	$8 \cdot 10^8$		
№ 579	$8 \cdot 10^8$	0,15	$1,2 \cdot 10^8$
№ 580	$1,1 \cdot 10^8$	0,25	$1,5 \cdot 10^8$
№ 213	$9 \cdot 10^9$	0,4	$0,44 \cdot 10^8$
«Антивибрит»	$8 \cdot 10^8$	0,44	$1,32 \cdot 10^9$
Пластик № 378	$8 \cdot 10^8$	0,45	$3,6 \cdot 10^8$
Пластик «Агат»	$8 \cdot 10^8$	0,42	$3,36 \cdot 10^8$
Резина	$10^7$	0,18	$1,8 \cdot 10^6$
ВД-17-58	$6 \cdot 10^8$	0,44	$2,6 \cdot 10^8$
ВД-17-63	$3,9 \cdot 10^9$	0,23	$8,9 \cdot 10^8$
Сталь	$2 \cdot 10^{11}$	0,01	$1 \cdot 10^9$

### 20. Эффективность противошумов

Тип противошума	Ослабление уровней звукового давления ( $A_{cp} \pm \sigma$ ), дБ, на частотах, Гц						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Наушники:							
ВЦНИИОТ-1	$0 \pm 2$	$0 \pm 2$	$0 \pm 2$	$3 \pm 2$	$25 \pm 5$	$20 \pm 5$	$30 \pm 5$
ВЦНИИОТ-2	$8 \pm 6$	$7 \pm 3$	$14 \pm 5$	$22 \pm 6$	$27 \pm 8$	$40 \pm 7$	$38 \pm 7$
ВЦНИИОТ-2м	$7 \pm 3$	$8 \pm 2$	$14 \pm 4$	$22 \pm 6$	$28 \pm 6$	$39 \pm 7$	$38 \pm 5$
ВЦНИИОТ-3	$7 \pm 3$	$6 \pm 3$	$14 \pm 5$	$18 \pm 6$	$28 \pm 10$	$40 \pm 7$	$33 \pm 7$
ВЦНИИОТ-4а	$3 \pm 2$	$4 \pm 2$	$5 \pm 3$	$12 \pm 2$	$16 \pm 3$	$30 \pm 6$	$35 \pm 4$
Шлем ВЦНИИОТ-3	$7 \pm 3$	$4 \pm 3$	$6 \pm 3$	$14 \pm 2$	$24 \pm 8$	$40 \pm 3$	$34 \pm 7$
ЕМ (Канада)	$5 \pm 2$	$6 \pm 4$	$16 \pm 5$	$25 \pm 6$	$29 \pm 6$	$27 \pm 7$	$22 \pm 11$
Вкладыши завода «Прогресс»	$5 \pm 5$	$8 \pm 5$	$8 \pm 5$	$12 \pm 8$	$20 \pm 10$	$28 \pm 12$	$29 \pm 15$
Вкладыши «Беруши»	$15 \pm 4$	$18 \pm 3$	$18 \pm 3$	$24 \pm 6$	$26 \pm 7$	$36 \pm 7$	$31 \pm 6$

**21. Зависимость снижения уровня вибраций  $\Delta L_p$ , передаваемых амортизаторами, от отношения частоты вынужденных колебаний к частоте собственных колебаний системы  $f/f_c$**



**22. Параметры типовых опорных пружин (из альбома серии ОВ-02-128, выпущенного институтом «Сантехпроект»)**

Наименование величин	Обозначение пружин							
	Д038	Д039	Д040	Д041	Д042	Д043	Д044	Д045
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Максимальная рабочая нагрузка на пружину $P_{max}$ , 10 Н	12	22	34	55	96	168	243	380
Частота вертикальных колебаний установки при максимальной рабочей нагрузке $f$ , Гц	3	2,7	2,5	2,4	2,1	2,1	1,9	1,8

## Окончание прил. 22

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Жесткость пружины в продольном направлении $K_z$ , 10 Н/м	4,6	6,2	8,3	12,6	16,8	30	36,4	45
Диаметр проволоки $d$ , $10^{-2}$ м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,5
Число рабочих витков $i$	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Высота пружины в ненагруженном состоянии $H$ , $10^{-2}$ м	6,5	8,4	10,2	11,4	15,2	17,1	20,2	24,5
Полная высота пружины в ненагруженном состоянии $H_0$ , $10^{-2}$ м	6,8	8,8	10,7	12,3	16,4	18,6	22,0	27,5
Шаг ненагруженной пружины $s$ , $10^{-2}$ м	1	1,3	1,7	1,8	2,4	2,7	3,2	4,0
Диаметр пружины $D$ , $10^{-2}$ м	3	4	5	5,4	7,2	8,0	9,6	12,0
Полная длина проволоки $l$ , $10^{-2}$ м	75,2	101,5	118,5	137,0	182,5	202	242,4	303,2
Материал пружины (класс П по ГОСТ 9389–75)	П-3	П-4	П-5	П-6	П-8	10	12	15

Примечание. Угол навивки  $\alpha = 9^\circ 30'$  при  $i = 6$ ;  $\alpha = 7^\circ 10'$  при  $i = 6,5$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. НПБ 5–2000. Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – Мн.: МЧС РБ, 2001.
2. СНБ 3.02.03–03. Административные и бытовые здания. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2003.
3. СНБ 2.02.02–01. Эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2001.
4. СНБ 2–02.03–03. Ограничение распространения пожара в зданиях и сооружениях. Объемно-планировочные и конструктивные решения. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 2003.
5. СанПиН № 11–19–94. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ: Сб. офиц. док. по медицине труда и производственной санитарии. Ч. II. – Мн.: МЗ РБ, 1994.
6. ГОСТ 12.0.003. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Мн.: Изд-во стандартов, 1976.
7. СНБ 2–04.05–98. Естественное и искусственное освещение. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 1998.
8. СНиП II–12–77. Защита от шума. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1978.
9. СанПиН № 2.2.4/2.1.8.10–32–2002. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки. – Мн.: МЗ РБ, 2003.
10. Калмыков А. В., Журбинский Л. Ф. Борьба с пылью и шумом на обогатительных фабриках. – М.: Недра, 1984.
11. Ефимцев Ю. А., Сергеев Е. И. Охрана труда в лесном хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1987.
12. Дроздов В. Ф. Отопление и вентиляция: Учеб. пособие для строит. вузов и фак. по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция»: В 2 ч. Ч. 2. Вентиляция. – М.: Высш. шк., 1984.
13. Кострюков В. А. Сборник примеров расчета по отоплению и вентиляции: В 2 ч. Ч. 2. Вентиляция. – М.: Госстройиздат, 1962.
14. ГОСТ 12.1.005. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Мн.: Изд-во стандартов, 1988.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
1. БЫТОВЫЕ ЗДАНИЯ И ПОМЕЩЕНИЯ .....	4
1.1. Общие положения .....	4
1.2. Порядок расчета бытовых помещений .....	13
2. ЕСТЕСТВЕННОЕ И СОВМЕЩЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ .....	14
2.1. Общие положения .....	14
2.2. Методика расчета .....	17
2.3. Порядок расчета .....	18
3. ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ .....	28
3.1. Общие положения .....	28
3.2. Методика расчета искусственного освещения .....	32
3.3. Порядок расчета общего равномерного освещения .....	32
4. АКУСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩЕГО КОЖУХА .....	36
4.1. Общие положения .....	36
4.2. Методика расчета акустической обработки помещений ..	36
4.3. Порядок расчета эффективности акустической обработки помещения .....	37
4.4. Методика расчета звукоизолирующего кожуха .....	40
4.5. Порядок расчета звукоизолирующего кожуха .....	41
5. ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ СТРУКТУРНОГО ШУМА .....	43
5.1. Общие положения .....	43
5.2. Методика расчета стальных пружин амортизаторов .....	44
5.3. Порядок расчета стальных пружин амортизаторов .....	45
6. ВЕНТИЛЯЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ .....	46
6.1. Общие положения .....	46
6.2. Общеобменная вентиляция .....	49
6.3. Местная вентиляция .....	53
6.4. Воздушные завесы .....	56
6.5. Бортовые отсосы гальванических ванн .....	58
Приложения	
1. Классификация помещений по пожарной и взрывной опасности (по ПУЭ) .....	63

2. Классификация помещений по характеру окружающей среды . . . . .	64
3. Область применения люминесцентных светильников в зависимости от окружающей среды . . . . .	66
4. Выбор проводов в зависимости от окружающей среды . . . . .	67
5. Нормируемые показатели освещения помещений промышленных предприятий . . . . .	68
6. Наивыгоднейшие значения отношения $\gamma = L_{\text{св}} / H_{\text{св}}$ для некоторых распространенных светильников . . . . .	72
7. Коэффициент запаса $K_3$ . . . . .	72
8. Коэффициенты отражения потолка $\rho_{\text{пт}}$ , стен $\rho_{\text{ст}}$ и пола $\rho_{\text{пл}}$ . . . . .	73
9. Значения коэффициента $\eta_{\text{и}}$ использования светового потока светильников с люминесцентными лампами . . . . .	74
10. Параметры люминесцентных ртутных ламп низкого давления . . . . .	75
11. Номинальные значения световых и электрических характеристик ламп накаливания для местного освещения. . . . .	75
12. Постоянная помещения $B_{1000}$ . . . . .	76
13. Частотный множитель $\mu$ . . . . .	76
14. Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест . . . . .	77
15. Номограмма для расчета $\Delta A_{\text{тр}}$ по известным величинам $\alpha$ , $\Delta L_{\text{тр}}$ и $S_{\text{огр}}$ . . . . .	79
16. Акустические характеристики звукопоглощающих облицовок . . . . .	80
17. График для определения коэффициента $\psi$ в зависимости от отношения постоянной помещения $B_{1000}$ к площади ограждающих поверхностей $S_{\text{огр}}$ . . . . .	82
18. Частотные характеристики звукоизолирующей способности ограждений . . . . .	82
19. Характеристика некоторых вибродемпфирующих материалов . . . . .	84
20. Эффективность противозумов . . . . .	84
21. Зависимость снижения уровня вибраций $\Delta L_{\text{р}}$ , передаваемых амортизаторами, от отношения частоты вынужденных колебаний к частоте собственных колебаний системы $f / f_c$ . . . . .	85
22. Параметры типовых опорных пружин (из альбома серии ОВ-02-128, выпущенного институтом «Сантехпроект») . . . . .	85
Литература . . . . .	87



Учебное издание

**ОХРАНА ТРУДА.  
ИНЖЕНЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ  
САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТРУДА**

Учебно-методическое пособие

Составители: **Сацура** Валентин Михайлович  
**Челноков** Александр Антонович  
**Ермак** Иван Тимофеевич  
**Ладик** Борис Родионович

Редактор Ю. В. Кравцова

Подписано в печать 06.06.2006. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 5,2. Уч.-изд. л. 5,4.  
Тираж 1000 экз. Заказ 366.

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050. Минск, Свердлова, 13а.  
ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.2004.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050. Минск, Свердлова, 13.  
ЛП № 02330/0056739 от 22.01.20,04.