

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Н.Н. Рахимова, О.Н. Чернова, Е.И. Рябых

# **БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Практикум

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность

Оренбург  
2019

УДК 355.58:614.8(075.8)

ББК 68.92я73

Р 27

Рецензент - кандидат технических наук, доцент В.А. Солопова

**Рахимова, Н.Н.**  
Р 27      Безопасность техники и технологии: практикум /  
Н.Н. Рахимова, О.Н. Чернова, Е.И. Рябых ;  
Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2019  
ISBN 978-5-7410-2440-9

В учебном издании приводятся требования безопасности к технологическому оборудованию, методики расчета различных показателей безопасности техники и технологии.

Учебное издание предназначено для студентов направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность при выполнении практических работ по дисциплине «Безопасность техники и технологии».

УДК 355.58:614.8(075.8)

ББК 68.92я73

ISBN 978-5-7410-2440-9

© Рахимова Н.Н.,  
Чернова О.Н.,  
Рябых Е.И., 2019  
© ОГУ, 2019

## Содержание

Введение.....	5
1 Безопасность технологического оборудования .....	7
1.1 Общие положения .....	7
1.2 Методика расчета показателя безопасности технологического оборудования.....	13
1.3 Пример расчета комплексного показателя безопасности технологического оборудования.....	16
2 Естественное производственное .....	26
2.1 Общие положения .....	26
2.2 Методика расчета естественного освещения .....	30
2.3 Пример расчета искусственного освещения .....	33
3 Искусственное производственное освещение .....	36
3.1 Общие положения .....	36
3.2 Методика расчета искусственного освещения .....	40
3.3 Примеры расчета искусственного освещения .....	43
4.1 Общие положения .....	52
4.2 Методика расчета заземляющих устройств .....	55
4.3 Пример расчета защитного заземления .....	58
5 Молниезащита зданий и сооружений .....	63
5.1. Общие положения .....	63
5.2 Методика расчета молниезащиты .....	69
5.3 Примеры расчета молниезащиты одиночного стержневого молниеотвода .....	72
6 Вентиляция .....	80
6.1 Общие положения .....	80
6.2 Методика расчета общеобменной механической вентиляции .....	85
6.3 Примеры расчета вентиляционных систем .....	86
7 Защита персонала от шума и вибрации .....	96
7.1 Общие положения.....	96
7.2 Общие сведения о вибрации .....	101
7.3 Пример расчета виброизоляции энергетической установки .....	105
7.4 Пример расчета акустической эффективности звукопоглощающих конструкций.....	110

8 Пожарная безопасность.....	115
8.1 Общие положения.....	115
8.2 Примеры расчета путей эвакуации.....	121
8.3 Пример расчета проектируемого хозяйственно-противопожарного водопровода.....	128
Заключение.....	135
Список использованных источников.....	137

## Введение

До девяностых годов двадцатого века подход к решению проблемы, обеспечения безопасности трудовой деятельности человека базировался на концепции «абсолютной безопасности» техники. В настоящее время из-за беспрецедентного усложнения производства и появления принципиально новых технологий такая концепция («от техники безопасности - к безопасной технике») оказалась неадекватной законам техносферы. Эти законы имеют вероятностный характер и нулевая вероятность отказа техники, ведущего к травме или аварии, практически недостижима. В связи с этим современный мир пришел к концепции приемлемого риска отказа технической системы, суть которой заключается в стремлении к такой малой опасности, которую приемлет общество в данный период времени. Сегодня из-за усложнения производств и появления принципиально новых технологий, возросшей сети транспортных и энергетических коммуникаций концепция «абсолютной безопасности» стала неадекватна внутренним законам техносферы.

Эти законы имеют вероятностный характер, и абсолютная вероятность аварии достигается лишь в системах лишенных запасенной энергии, химически и биологически активных компонентов. Однако любая деятельность человека, направленная на создание материальных благ, сопровождается использованием энергии. Энергонасыщенность современных объектов стала колоссальна - типовой нефтеперерабатывающий завод мощностью 10 - 15млн. т/год содержит на своей промышленной площадке от 300 до 500 тыс. т. углеводородного топлива, энергосодержание которого эквивалентно 3 - 5 мегатоннам тротила. В экономически развитых странах вопросам безопасности промышленного комплекса уделяется особое внимание, что продиктовано их социальной значимостью и экономическими потерями от аварийности и производственного травматизма. По данным ООН, ежегодный ущерб, наносимый мировой экономике техногенными катастрофами и авариями, за последние 30 лет

увеличился в 3 раза и достиг 200 млрд. долл. США. В России совокупный годовой материальный ущерб от техногенных катастроф и аварий, включая затраты на их ликвидацию, превышает 40 млрд. рублей. Ежегодно в России 12-15 тысяч человек становятся инвалидами в результате получения травм на производстве, а на учете ежегодно состоят свыше 220 тысяч человек, получающих пенсии по трудовому увечью и профзаболеваниям. Всего в РФ сейчас 5,9 млн. инвалидов, что составляет 3% населения [1].

# **1 Безопасность технологического оборудования**

## **1.1 Общие положения**

Научно-технический прогресс вносит принципиальные новшества во все сферы материального производства, влияет на условия и безопасность труда. Так, атомная энергия, автоматизация, электроника и роботизация, химизация, кибернетика, компьютеризация в корне меняют средства и предметы труда, технологии, методы управления, а также условия труда.

Процесс постепенной замены естественных функций человека техническими средствами достиг особой важности в период современного уровня развития промышленного производства. Внедрение процесса автоматизации и дистанционного управления кардинально поменяло взаимоотношения производственного персонала и технических устройств, заключающийся в возможности вынесения управления производством за пределы технологического процесса и замене непосредственного наблюдения за производственным процессом контролем за состоянием сигнальных систем на пульте управления. А при компьютеризации техники вообще отпадает необходимость в визуальном наблюдении и контроле за сигнальными устройствами, поскольку эти функции берет на себя автоматика. Такое разделение оператора и реального состояния технологического процесса, замена его системой кодов привели к тому, что оператор, по мнению психологов, действует в реальном и одновременно виртуальном мире - мире знаков, кодов, моделей, символов.

Процесс обеспечения безопасности техники и технологии характеризуется созданием и внедрением принципиально новых средств труда, материалов и технических процессов, которые превосходят по своим технико-экономическим показателям созданные ранее, а также путем замены в широких масштабах ручного труда средствами механизации.

В большинстве отраслей промышленности научно-технический прогресс вызывает улучшение условий труда, ликвидацию на многих предприятиях тяжелого ручного труда, внедрения новых эффективных средств защиты на предприятии. Вместе с тем, недостаточное использование его возможностей, отсутствие рационального управления приводят иногда к ухудшению условий труда и повышение опасности возникновения аварий техногенного характера и травматизма работающих.

Применение достижений науки и техники в промышленности за счет механизации, электрификации и автоматизации производственных процессов, использования новых информационных технологий, автоматизированных систем управления меняют условия и характер труда человека и влечет за собой комплекс проблем во взаимоотношениях человек с техникой. Одной из них является потребность современного

производства в высококвалифицированных и профессиональных специалистах. Кроме того, количество одновременно управляемых технологических объектов обуславливает существенное увеличение объема информации, значительно усложняет анализ и оценку производственного состояния и, в результате, приводит к повышению нервно-психических нагрузок на производственный персонал.

Современному высокотехнологичному производству присуще также увеличение видов и числа опасных и вредных производственных факторов, в частности, широкое применение в различных сферах деятельности токсичных веществ, большое количество которых (до 500 и более) ежегодно синтезируется. Большинство из этих веществ имеет значительную биологическую активность.

Повышение технического уровня производства тесно связано с широким использованием радиоэлектроники, радиосвязи, телевидения, оптической квантовой электроники и оптических квантовых генераторов, являющихся источниками электромагнитного излучения, оказывающего неблагоприятное воздействие на организм человека.

Увеличение мощности и скорости работы оборудования, замена

традиционных технологических процессов новыми (электрохимическими, электрофизическими, ультразвуковыми) вызывают рост влияния на работников таких вредных факторов, как шум, вибрация, ультразвук.

Также создание таких крупных современных объектов, как атомные электростанции, транснациональные нефтепроводы, морские буровые установки, химические комбинаты увеличивают риски техногенных аварий и катастроф. Человечество не может отказаться от достижений цивилизации, но оно должно предотвращать катастрофы или уменьшать ее последствия путем эффективного использования современных методов и средств, одним из которых является контроль и техническая диагностика.

Безопасность труда достигается обеспечением безопасности производственных зданий и сооружений, технологических процессов и оборудования. Решение вопросов охраны труда должно осуществляться еще на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации различных объектов производственного назначения. Здания, сооружения предприятий должны соответствовать строительным нормам и правилам, санитарным нормам проектирования промышленных предприятий СН 245-71, а также отраслевым нормативным документам. Важное значение для обеспечения здоровых и безопасных условий труда имеют рациональное размещение основного и вспомогательного оборудования, правильная организация рабочих мест. Конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение его элементов призваны соответствовать антропометрическим, физиологическим характеристикам человека (обуславливающие рациональную рабочую позу, уменьшение статических нагрузок, оптимизацию рабочей зоны и информационных потоков), а также характера работы.

Безопасность производственных процессов в значительной степени зависит от уровня организации и планировки цехов, участков, а также от характера обустройства и организации рабочих мест. Она обеспечивается комплексом проектных и организационных решений, который содержит: соответствующий выбор технологических процессов, рабочих операций,

производственного оборудования, порядок его обслуживания и условия его размещения, средства хранения и транспортировки материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовой продукции и отходов производства, средств защиты работников. Производственные процессы не должны быть пожаро- и взрывоопасными, а также не должны загрязнять окружающую среду вредными веществами.

Общими требованиями к безопасности производственных процессов являются:

- замена технологических процессов и операций, связанных с возникновением опасных и вредных факторов, более безопасными;
- комплексную механизацию и автоматизацию производства;
- применение дистанционного управления технологическими процессами и оборудованием;
- герметизация оборудования;
- применение средств коллективной и индивидуальной защиты работников;
- исключения прямого контакта производственного персонала с материалами, заготовками, готовой продукцией, отходами производства;
- переход от импульсных периодических технологических процессов к непрерывным;
- применение средств контроля и управления технологическими процессами;
- использование рациональных режимов труда и отдыха.

Непосредственно безопасность производственного оборудования должно рассматриваться как его свойство сохранять соответствие условиям безопасности труда при выполнении заданных функций в параметрах и границах, установленных требованиями нормативно-технической документацией.

Конструкции машин и производственного оборудования должны проектироваться так, чтобы они не были источником неблагоприятного

воздействия на человека, соответствовать требованиям безопасности на рабочем месте и санитарно-гигиеническим условиям труда на уровне нормативов, установленных нормативно-законодательными актами. В процессе проектирования конструкций техники и производственного оборудования должны учитываться эргономические требования, вытекающие из особенностей нормального функционирования органов чувств человека, таких, как: обусловленность угла зрения, соответствия уровня интенсивности сигнала и объема информации восприимчивости оператора. Т.е. конструкция оборудования должна соответствовать анатомо-физиологическим и психофизическим особенностям строения и функционирования органов человеческого тела.

Основные требования безопасности к производственному оборудованию изложены в в следующих нормативных документах системы стандартов безопасности труда (ССБТ): ГОСТ 12.2.003-91 - «ССБТ. Оборудование производственное»; ГОСТ 12.2.049-80 - «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования»; ГОСТ 12.2.062-81 - «ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные » и др. Также эти требования содержатся в технической документации и инструкциях по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортировке и сохранению производственного оборудования.

Ни один образец новой машины, механизма и другого производственного оборудования не может быть запущен в серийное производство, если он не отвечает требованиям охраны труда. Новые или реконструируемые производственные объекты и средства производства не могут быть приняты в эксплуатацию, если они не имеют сертификата безопасности.

Уровень безопасности производственного оборудования обеспечивается комплексом технических и организационных мероприятий, осуществлением периодической аттестации рабочих мест на соответствие требованиям безопасности, контролем за состоянием и эксплуатацией оборудования, проведением плановых предупредительных ремонтов.

С целью предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и опасных производственных факторов, обеспечение безопасности труда должны применяться средства защиты, а именно:

- средства коллективной защиты;
- средства индивидуальной защиты. Классификация средств коллективной защиты изложена в ГОСТ

12.4.125-83 «ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация».

По принципу действия средства коллективной защиты делятся на ограждающие, предохранительные устройства, блокировки, сигнализационное оборудование, профилактические испытания. Ограждающие устройства (кожухи, щиты, экраны, барьеры и т.д.) применяются для изоляции зон с безопасностью механических воздействий, для ограждения зон излучений и зон с химическими веществами, а также рабочих площадок, расположенных на высоте. Они делятся на стационарные, которые демонтируются для выполнения вспомогательных операций (замена инструмента, смазка оборудования и т.п.), и переносные, используемых для ограждения нестационарных рабочих мест (сварочные посты), а также при выполнении ремонтных или наладочных работ.

Предохранительные устройства применяются для автоматического выключения оборудования при возникновении аварийных ситуаций (например, при выходе одного из параметров - давления, температуры, электрического напряжения и т.д. за пределы допустимых значений).

Различные механизмы блокировок позволяют исключить возможность проникновения человека в опасную зону или ликвидировать опасный фактор при проникновении человека в данную зону. Блокировочные устройства делятся на механические, электрические, фотоэлементные, радиационные, пневматические, гидравлические и комбинированные.

Средства сигнализации, установленные на оборудование, дают возможность своевременно предупредить персонал о аварийном режиме работы

оборудования и риску возникновения аварии. По средствам информации сигнализация делится на цветную, звуковую, цветозвуковую, одоризационную (по запаху).

По назначению системы сигнализации подразделяются на:

- 1) оперативные, которая широко применяются в технологических процессах и испытательных стендах (например, измерительные приборы сигнализируют о значении контрольного параметра или отклонения от него);
- 2) предупредительные, которые служат для предупреждения персонала о возникновении опасности или аварийной ситуации;

На работах с вредными и опасными условиями труда, а также работах, связанных с загрязнением или осуществляемых в неблагоприятных температурных условиях, работники должны обеспечиваться бесплатно по установленным нормам специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, а также моющими и обезвреживающими средствами.

Согласно Трудовому Кодексу Республики Казахстан, руководитель предприятия (собственник) за счет своих средств обязан организовать комплектование и содержание средств индивидуальной защиты в соответствии с нормами. Выдача спецодежды и других средств индивидуальной защиты осуществляется в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи рабочим и служащим специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты.

## **1.2 Методика расчета показателя безопасности технологического оборудования**

Оценка безопасности технологического оборудования проводится на основании показателей соответствия базовым эталонам каждого элемента техники, который может оказать опасное или вредное воздействие на работающих. В качестве базового эталона принимаются такие технические решения элемента, которые с вероятностью, равной 1, исключают возможность его опасного

воздействия на работающих в течение установленного времени. Различают дифференциальные (единичные), обобщенные и комплексные показатели безопасности.

Дифференциальная оценка применяется для установления и нормирования уровня производственного риска по отдельным факторам, а также для принятия решений и осуществления управляющих воздействий на основе сопоставления единичного показателя оцениваемого оборудования с базовым. Единичные показатели измеряются отношением количественной меры безопасных свойств оцениваемого элемента  $b_I$  к его базовому эталону  $b_{IB}$ :

$$h_I = \frac{b_I}{b_{IB}}, \quad (1.1)$$

или обратным отношением

$$h_I = \frac{b_{IB}}{b_I}, \quad (1.2)$$

Из этих отношений выбирается то, при котором соблюдается условие:

$$0 \leq h_I \leq 1.$$

Уровень единичного показателя  $h_I$  по числовому значению совпадает с величиной вероятности безопасной работы оцениваемого элемента  $P_I$ .

$$h_I = P_I. \quad (1.3)$$

Если оцениваемый показатель может быть охарактеризован только качественно, то расчет проводится в баллах на основе экспертной оценки.

Обобщенные показатели используются для оценки безопасных свойств отдельных частей (элементов, узлов) оборудования. Они образуются путем геометрического или арифметического усреднения совокупности однородных единичных показателей с учетом их весовых коэффициентов. При этом сумма весовых коэффициентов единичных показателей рассматриваемой совокупности должна равняться весовому коэффициенту данного обобщенного показателя. Комплексный показатель безопасности оценивает все свойства машины и предназначается для принятия решений и осуществления управляющих воздействий по снижению травмоопасности, вредности и усовершенствованию эргономических параметров оборудования.

Оценка безопасности оборудования проводится на основе статистических данных об интенсивности возникновения опасных и вредных факторов в условиях возможного контакта с этими факторами обслуживающего персонала.

Единичный показатель безопасности по  $i$ -му опасному фактору  $j$ -го источника опасности  $k$ -го узла машины при случайном проявлении фактора производственной опасности (ФПО) определяется по формуле

$$P_{ijk} = e^{-\lambda_{ijk} \cdot T \cdot \gamma_i}, \quad (1.4)$$

где  $T$  - произвольно принятое время оценки (или трудоемкость производства продукции);

$\gamma_i$  - весовой коэффициент  $i$ -го фактора;

$\lambda_{ijk}$  - параметр потока опасных состояний, вызванных  $i$ -м ФПО  $j$ -го источника опасности  $k$ -го узла машины.

Для данного опасного фактора значение  $\lambda$  устанавливается методом хронометражных наблюдений и рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{ijk} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n Z_i \cdot t_Z}, \quad (1.5)$$

где  $n$  - общее число случаев проявления данного ФПО за определенное время наблюдений;

$Z_t$  - суммарное время безопасной работы элемента, генерирующего данный ФПО за то же время наблюдений;

$t_z$  - время работы между двумя  $z$ -ми опасными смежными проявлениями данного ФПО.

### 1.3 Пример расчета комплексного показателя безопасности технологического оборудования

При аттестации оборудования проводится оценка безопасности двух типов стационарных воздушных поршневых двухступенчатых компрессоров общего назначения, один из которых с водяным охлаждением (I тип), другой - с воздушным (2 тип).

Исходными данными являются результаты исследований условий труда на рабочих местах машинистов. Исходные данные для расчета приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1- Исходные данные для расчета безопасности оборудования

№ п/п	Название опасного и вредного фактора	Индекс сравниваемой техники	Параметры интенсивности	
			Фактические	Допустимые
1	Шум	1	80 дБА	80 дБА
		2	85 дБА	80 дБА
2	Вибрация	1	0,36 см/с	0,2 см/с
		2	0,16 см/с	0,2 см/с
3	Вредные вещества	1	42 мг/м <sup>3</sup>	12 мг/м <sup>3</sup>
		2	34 мг/м <sup>3</sup>	12 мг/м <sup>3</sup>
4	Тяжесть труда (поз.3.,табл.1.11)	1	42 000 раз	40 000 раз
		2	45 000 раз	40 000 раз
5	Напряженность труда (поз1.3,табл.1.12)	1	7 шт.	8 шт.
		2	7 шт.	8 шт.
6	Рабочее время	1	8 ч.	9 ч.
		2	8 ч.	9 ч.

Необходимо определить для каждого из факторов единичный показатель безопасности.

Рассмотрим шум на рабочем месте. Интенсивность внешнего воздействия

шума определяется по формуле:

$$\frac{J_{\Phi}}{J_{\Delta}} = \frac{P_{\Phi}}{P_{\Delta}}^2, \quad (1.6)$$

Для расчета интенсивности внешнего воздействия шума  $P$  уровень звукового давления  $L_p$  следует пересчитать в  $\text{н/м}^2$  по формуле:

$$\lg P = 5,301 + 0,05 \cdot L_p, \quad (1.7)$$

Исходя из вышеуказанной формулы, определяем:

1 тип:

$$\lg P_{\Phi} = 5,301 + 0,05 \cdot 80 = 9,301.$$

$$P_{\Phi} = 10^{9,301} = 1,9 \cdot 10^9 \text{ н/м}^2,$$

$$P_{\Delta} = P_{\Phi} = 1,9 \cdot 10^9 \text{ н/м}^2$$

2 тип:

$$\lg P_{\Phi} = 5,301 + 0,05 \cdot 85 = 9,551.$$

$$P_{\Phi} = 10^{9,551} = 3,6 \cdot 10^9 \frac{\text{н}}{\text{м}^2}.$$

$$P_{\Delta} = 1,9 \cdot 10^9 \frac{\text{н}}{\text{м}^2}.$$

Интенсивность:

1 тип:

$$J_{\Phi}/J_{\Delta} = (1,9 \cdot 10^9 / 1,9 \cdot 10^9) = 1.$$

2 тип:

$$J_{\phi}/J_{д} = (3,6 * 10^9 / 1,9 * 10^9) = 3,6.$$

Интенсивность внешнего воздействия вибрации определяется по формуле:

$$\frac{J_{\phi}}{J_{д}} = \frac{\beta_{\phi}}{\beta_{д}}^2, \quad (1.8)$$

где  $\beta_{\phi}$  и  $\beta_{д}$  - уровни фактической и допустимой вибрации.

1 тип:

$$2J_{\phi}/J_{д} = (0,36/0,2)^2 = 3,24.$$

3 тип:

$$4J_{\phi}/J_{д} = (0,16/0,2)^2 = 0,64.$$

Интенсивность внешнего воздействия вредных веществ определяется по формуле:

$$\frac{J_{\phi}}{J_{д}} = \frac{C_{\phi}}{C_{д}}^2, \quad (1.9)$$

где  $C_{\phi}$ ,  $C_{д}$  - фактическая и допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны.

1 тип:

$$I_{\phi}/I_{д} = (42/12)^2 = 12,25.$$

2 тип:

$$I_{\phi}/I_{д} = (34/12)^2 = 8.$$

Интенсивность внешнего воздействия напряженности труда определяется по формуле:

$$\frac{J_{\Phi}}{J_{\Delta}} = \frac{N_{\Phi}}{N_{\Delta}}^2, \quad (1.10)$$

где  $N_{\Phi}$ ,  $N_{\Delta}$  - фактическое и допустимое число производственных объектов одновременного наблюдения

1 тип:

$$I_{\Phi}/I_{\Delta} = (7/8)^2 = 0,77.$$

2 тип:

$$I_{\Phi}/I_{\Delta} = \frac{7}{8}^2 = 0,77.$$

Интенсивность внешнего воздействия тяжести труда определяется по формуле:

$$I_{\Phi}/I_{\Delta} = (W_{\Phi}/W_{\Delta})^2, \quad (1.11)$$

где  $W_{\Phi}$  и  $W_{\Delta}$  - число фактических и стереотипных допустимых рабочих движений.

Для расчета коэффициента  $\alpha$  в формуле необходимо классифицировать оцениваемые факторы по шкале, приведенной в таблице 1.2. По данным этой классификации рассчитывается величина коэффициента  $\alpha$  по формуле:

$$\alpha_i = (\beta_i)^5 \cdot 10^{-5}, \quad (1.12)$$

где  $\beta_i$  - ранговая оценка вредности  $i$ -го фактора.

Таблица 1.2 – Ранговая оценка вредности

Ранговая оценка вредности фактора, Р,	Шум	Вибрация	Вредные вещества	Тяжесть труда (стереотипные рабочие движения)	Напряженность труда (объектов одновременного наблюдения)
1 (1кл)	нет	нет	нет	< 0,5 ПДУ	до 5
2 (2кл)	ПДУ	<ПДУ	<ПДК	< ПДУ	6-10
3 (3.1)	ПДУ+10дБА	ПДУ+3дБ	2 ПДК	< 1,5 ПДУ	11-25
4 (3.2)	ПДУ+25дБА	ПДУ+6дБ	4,5 ПДК	> 1,5 ПДУ	> 25
5 (3.3)	ПДУ+40дБА	ПДУ+9дБ	8 ПДК		
6 (3.4)	ПДУ+50дБА	ПДУ+12дБ	10 ПДК		
7 (4 кл)	>+ 50 дБ А	>+12дБ	>10 ПДК		

Отношение фактического и допустимого времени работы:

$$T_{\phi}/T_{д} = 8/9 = 0,889.$$

По данным таблицы 1.2 рассчитываем коэффициент  $\alpha$  для шума:

1 тип:

$$\beta = 2; \alpha = 2^5 \times 10^{-5} = 0,00032.$$

2 тип :

$$\beta = 3; \alpha = 3^5 \times 10^{-5} = 0,00243.$$

Находим показатель безопасности данного фактора:

$$P_{1ш} = e^{-0,00032 \cdot 1 \cdot 0,79} = 0,9997471.$$

$$P_{2ш} = e^{-0,00243 \cdot 3,6 \cdot 0,79} = 0,9931101.$$

Оценка вибрации производилась в см/с, а поскольку ее уровень следует оценить в дБ, то осуществляем перевод по формуле:

$$L_V = 20 \cdot \lg \cdot \frac{V}{V_0}, \quad (1.13)$$

где  $V$  - среднеквадратическое значение виброскорости, м/с;

$V_0$  - опорная виброскорость, равная  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с.

Принимая  $V_f = V$ , а  $V_d = ПДУ$  находим:

1 тип:

$$L_V = 20 \cdot \lg \cdot 0,36 \cdot 10^{-2} / 5 \cdot 10^{-8} = 97 \text{ дБ.}$$

$$L_V = 20 \cdot \lg \cdot 0,2 \cdot \frac{10^{-2}}{5} \cdot 10^{-8} = 92 \text{ дБ.}$$

2 тип:

$$L_V = 20 \cdot \lg \cdot 0,16 \cdot 10^{-2} / 5 \cdot 10^{-8} = 90 \text{ дБ.}$$

$$L_{ПДУ} = 92 \text{ дБ.}$$

для вибрации:

1 тип:

$$\beta = 4; \alpha = 4^5 \cdot 10^{-5} = 0,01024.$$

2 тип:

$$\beta = 3; \alpha = 2^5 \cdot 10^{-5} = 0,00032.$$

$$P_{1B} = e^{-0,01024 \cdot 3,24 \cdot 0,79} = 0,9741198.$$

$$P_{2B} = e^{-0,00032 \cdot 0,64 \cdot 0,79} = 0,9998382,$$

для вредных веществ:

1 тип:

$$\beta = 4; \alpha = 4^5 \cdot 10^{-5} = 0,01024.$$

2 тип:

$$\beta = 3; \alpha = 3^5 \cdot 10^{-5} = 0,00243.$$

$$P_{1ВВ} = e^{-0,01024 \cdot 12,25 \cdot 0,79} = 0,9056178.$$

$$P_{2ВВ} = e^{-0,00243 \cdot 8 \cdot 0,79} = 0,9847536,$$

для напряженности труда:

1 тип:

$$\beta = 2; \alpha = 2^5 \cdot 10^{-5} = 0,00032.$$

2 тип:

$$\beta = 2; \alpha = 0,00032.$$

$$P_{1Н} = e^{-0,00032 \cdot 0,77 \cdot 0,79} = 0,9998053.$$

$$P_{2Н} = 0,9998053,$$

для тяжести труда:

1 тип:

$$\beta = 3; \alpha = 3^5 \cdot 10^{-5} = 0,00243.$$

2 тип:

$$\beta = 3; \alpha = 3^5 \cdot 10^{-5} = 0,00243.$$

$$P_{1m} = e^{-0,00243 \cdot 1,1 \cdot 0,79} = 0,9978897.$$

$$P_{2m} = e^{-0,00243 \cdot 1,3 \cdot 0,79} = 0,9975065.$$

Комплексный показатель безопасности рассматриваемого оборудования вычисляется по формуле:

$$P_1 = 0,9997471 \cdot 0,9741198 \cdot 0,9056178 \cdot 0,9998053 \cdot 0,9978897 = 0,8799246.$$

$$D_2 = 0,9931101 \cdot 0,9998382 \cdot 0,9847536 \cdot 0,9998053 \cdot 680,9975065 = 0,9751824.$$

Результаты заносим в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 - Единичные и комплексные оценки безопасности оборудования

Название вредного фактора	Индекс машины	Интенсивность внешнего воздействия фактора Iф/Id	Длительность воздействия фактора Тф/Тд	Класс (ранг) вредности В	Коэффициент <i>a</i>	Оценка безопасности вредного фактора Р
Шум	1	1	0,889	2	0,00032	0,9997471
	2	3,6	0,889	3	0,00243	0,9931101
Вибрация	1	3,24	0,889	4	0,01024	0,9741198
	2	0,24	0,889	2	0,00032	0,9998382
Вредные вещества	1	12,25	0,889	4	0,01024	0,9056178
	2	8	0,889	3	0,00243	0,9847536
Тяжесть труда	1	1,1	0,889	3	0,00243	0,9978897
	2	1,3	0,889	3	0,00243	0,9975065
Напряженность труда	1	0,77	0,889	2	0,00032	0,9998053
	2	0,77	0,889	2	0,00032	0,9998053
Комплексная оценка	1					0,8799246
	2					0,9751824
Отношение оценок	2:1					1,1082568

Сравнение комплексных показателей позволяет сделать вывод о том, что уровень безопасности второго типа компрессора в 1,108 раза выше, чем первого и его применение обусловит более безопасную деятельность машиниста.

## Контрольные вопросы

1. Перечислите общие требования безопасности к производственным процессам?
2. Перечислите общие требования безопасности к производственному оборудованию?
3. Объясните классификация средств коллективной защиты согласно ГОСТ 12.4.125-83 «ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация»?
4. Для чего применяются предохранительные устройства в производственном оборудовании?
5. Объясните классификацию системы сигнализации производственного оборудования?
6. Какова методика расчета показателя безопасности оборудования?

Таблица 1.4 – Индивидуальные задания для расчета комплексной оценки безопасности техники

№ п/п	Наименование	До-пустимое	Индекс сравни-ваемой техники	Фактические значения																								
				Номер варианта																								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Шум, дБА	80	1	95	80	85	80	85	70	92	74	80	86	84	82	75	78	80	90	92	85	89	89	92	90	91	84	82
			2	90	95	70	65	80	78	78	80	75	78	75	78	70	70	85	82	86	84	86	89	87	88	82	75	78
2	Вибрация, м/с*10 <sup>-2</sup>	2	1	3	4	2	1	2	3	4	1	2	3	1	3	2	4	2	2	3	4	1	2	3	2	2	1	3
			2	1	2	3	4	2	1	3	2	1	2	1	2	4	2	3	4	2	1	3	2	1	4	2	1	2
3	Вредные вещества, мг/м <sup>3</sup>	12	1	30	34	36	38	40	42	44	46	20	22	24	26	28	30	32	40	42	44	46	20	22	40	42	24	26
			2	40	24	32	24	30	12	40	30	24	28	30	36	14	22	16	24	30	12	40	30	24	15	18	30	36
4	Тяжесть труда, раз*10 <sup>3</sup>	20	1	22	24	26	28	30	34	28	40	20	30	28	20	28	34	20	40	20	30	28	20	28	32	30	28	20
			2	24	26	28	30	32	26	30	20	24	26	20	24	30	30	24	20	24	26	20	24	30	33	32	20	24
5	Напряженность труда, шт.	8	1	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	7	8
			2	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8	8	8
6	Рабочее время, час	9	1	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	8	9
			2	8	9	7	7	9	8	9	7	8	7	9	8	8	9	9	9	7	8	7	9	8	8	9	9	8

## 2 Естественное производственное

### 2.1 Общие положения

Естественное освещение - освещение помещений прямым или отраженным светом, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. Естественное освещение должно предусматриваться, как правило, в помещениях с постоянным пребыванием людей. Без данного вида освещения допускается проектировать отдельные виды производственных помещений согласно Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий.

- Различают следующие виды естественного освещения помещений: - боковое одностороннее - когда световые проемы расположены в одной из наружных стен помещения (рисунок 2.1); боковое - световые проемы в двух противоположных наружных стенах помещения (рисунок 2.2);

- верхнее - когда фонари и световые проемы в покрытии, а также световые проемы в стенах перепада высот здания;

- комбинированное - световые проемы, предусмотренные для бокового (верхнее и боковое) и верхнего освещения.

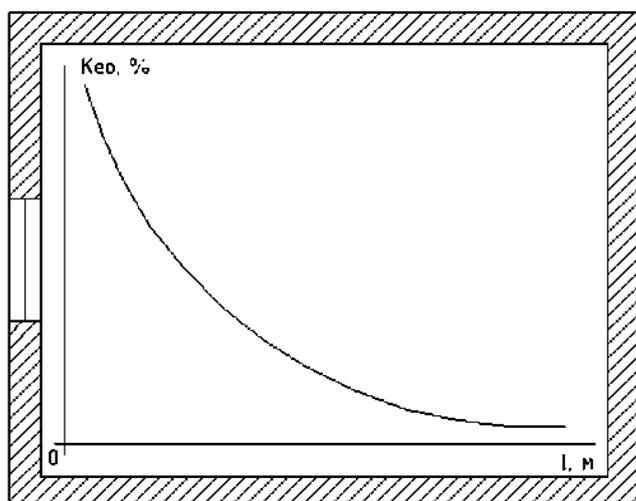


Рисунок 2.1 - Боковое одностороннее естественное освещение

Естественное освещение используется для общего освещения производственных и подсобных помещений. Оно создается лучистой энергией

солнца и на организм человека действует наиболее благоприятно. Используя этот вид освещения, следует учитывать метеорологические условия и их изменения в течение суток и периодов года в данной местности. Это необходимо для того, чтобы знать, какое количество естественного света будет попадать в помещение через устраиваемые световые проемы здания: окна – при боковом освещении, световые фонари верхних перекрытий здания - при верхнем освещении. При комбинированном естественном освещении к верхнему освещению добавляется боковое.

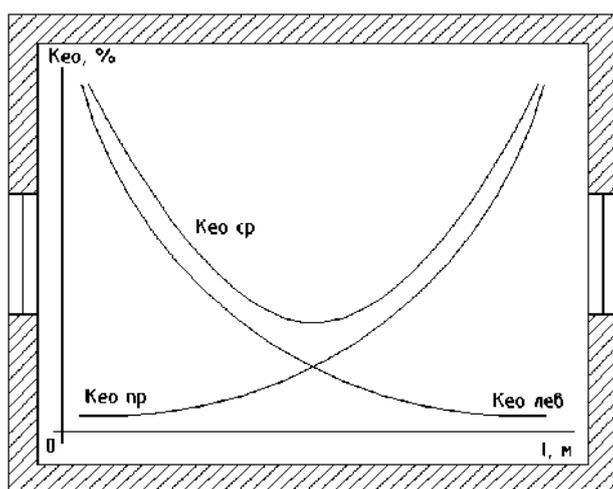


Рисунок 2.2 - Боковое двухстороннее естественное освещение

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение. Установленные расчетом размеры световых проемов допускается изменять на +5, -10%.

Неравномерность естественного освещения помещений производственных и общественных зданий с верхним или верхним и естественным боковым освещением и основных помещений для детей и подростков при боковом освещении не должна превышать 3:1.

Солнцезащитные устройства в общественных и жилых зданиях следует предусматривать в соответствии с главами СНиП по проектированию этих зданий, а также с главами по строительной теплотехнике.

Качество освещения естественным светом характеризуется коэффициентом естественной освещенности  $K_{eo}$ , который представляет собой отношение освещенности на горизонтальной поверхности внутри помещения к

одновременной горизонтальной освещенности снаружи:

$$K_{eo} = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

где  $E_B$  — горизонтальная освещенность внутри помещения в лк;

$E_H$  — горизонтальная освещенность снаружи в лк.

При боковом освещении нормируется минимальное значение коэффициента естественной освещенности -  $K_{eo \text{ мин}}$ , а при верхнем и комбинированном освещении — среднее его значение -  $K_{eo \text{ ср}}$ . Способ расчета коэффициента естественной освещенности приведен в Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий.

С целью создания наиболее благоприятных условий труда установлены нормы естественной освещенности. В тех случаях, когда естественная освещенность недостаточна, рабочие поверхности должны дополнительно освещаться искусственным светом. Смешанное освещение допускается при условии дополнительного освещения только рабочих поверхностей при общем естественном освещении.

Строительными нормами и правилами (СНиП 23-05-95) коэффициенты естественной освещенности производственных помещений установлены в зависимости от характера работы по степени точности (таблица 2.1).

Для поддержания необходимой освещенности помещений нормами предусматривается обязательная очистка окон и световых фонарей от 3 раз в год до 4 раз в месяц. Кроме того, следует систематически очищать стены, оборудование и окрашивать их в светлые цвета.

Нормы естественного освещения промышленных зданий, сведенные к нормированию К.Е.О., представлены в СНиП 23-05-95. Для облегчения нормирования освещенности рабочих мест все зрительные работы по степени точности делятся на восемь разрядов.

Таблица 2.1 - Коэффициенты естественной освещенности для производственных помещений

Характеристика зрительной работы по степени точности	Наименьший размер объекта различения в мм	Разряд зрительной работы	Значение коэффициента КЕО в % при естественном освещении	
			верхнем и комбинированном	боковом
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	10	3,5
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	7	2,5
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	5	2,0
Средней точности	От 0,5 до 1,0	IV	4	1,5
Малой точности	От 1,0 до 5,0	V	3	1,0
Грубая	Более 5,0	VI	2	0,5
Работа с самосветящимися материалами и изделиями в горячих цехах		VII	3	1,0
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:				
постоянное наблюдение		VIII	1	0,3
периодическое наблюдение за состоянием оборудования		VIII	0,7	0,2
Работа на механизированных складах		IX	0,5	0,1

СНиП 23-05-95 устанавливают требуемую величину К.Е.О. в зависимости от точности работ, вида освещения и географического расположения производства. Территория республики делится на пять световых поясов, для которых значения К.Е.О. определяются по формуле:

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (2.2)$$

где  $N$  - номер группы административно-территориального района по обеспеченности естественным светом;

$e_H$  - значение коэффициента естественной освещенности, выбираемое по СНиП 23-05-95 в зависимости от характеристики зрительных работ в данном помещении и системы естественного освещения;

$m_N$  - коэффициент светового климата, который находится по таблицам СНиП в зависимости от вида световых проемов, их ориентации по сторонам горизонта и номера группы административного района.

Для определения соответствия естественной освещенности в производственном помещении требуемым нормам освещенность измеряют при верхнем и комбинированном освещении - в различных точках помещения с последующим усреднением; при боковом - на наименее освещенных рабочих местах. Одновременно измеряют наружную освещенность и определенный расчетным путем К.Е.О. сравнивают с нормативным.

## 2.2 Методика расчета естественного освещения

Расчет естественного освещения заключается в определении площади световых проемов (окончаний фонарей) в соответствии с нормализуемым значением К и проводится с использованием следующих соотношений:

1) при боковом освещении

$$100 S_0/S_n = e_H \cdot k_3 \cdot \eta_0 \cdot k_{3.3д} / (\tau_0 \cdot r_1), \quad (2.3)$$

2) при верхнем освещении

$$100 S_\phi / S_n = e_H \cdot k_3 \cdot \eta_\phi / (\tau_0 \cdot r_2 \cdot k_\phi), \quad (2.4)$$

где  $S_0$ - площадь световых проемов при боковом освещении;

$S_n$  - площадь пола помещения;

$e_H$  - нормированное значение коэффициента естественной освещенности;

$k_{з\cdot з_d}$  - коэффициент учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями;

$\tau_0$  - общий коэффициент светопропускания;

$r_1$  - коэффициент, учитывавший повышение коэффициента естественной освещенности при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию;

$S_{\phi}$  - площадь световых проемов фонарей при верхнем освещении;

$\eta_0, \eta_{\phi}$  - световая характеристика светового проема или фонаря в плоскости покрытия;

$r_2$  - коэффициент, учитывающий повышение коэффициента естественной освещенности при верхнем освещении благодаря свету, отраженному от поверхности помещения;

$k_{\phi}$  - коэффициент, учитывающий тип фонаря.

Нормированное значение коэффициента естественной освещенности с учетом характера зрительной работы и светового климата в районе расположения здания определяется по формуле

$$e_N = e \cdot m_N \cdot C, \quad (2.5)$$

где  $e$  - значение к.е.о. для соответствующего климатического пояса

$m_N$  - коэффициент светового климата (без учета прямого солнечного света), определяется в зависимости от района расположения здания;

$C$  - коэффициент солнечности климата (с учетом прямого солнечного света).

Нормированное значение является минимально допустимым.

Солнечность климата - характеристика, учитывающая пояс светового климата и световой поток, проникающий через светопроемы в помещение в течение года благодаря солнечному свету, вероятности солнечного сияния, ориентации световых проемов по сторонам горизонта и их

архитектурно-конструктивного решения.

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (2.6)$$

где  $\tau_1$  - коэффициент светопропускания материала;  
 $\tau_2$  - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема;  
 $\tau_3$  - коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях при боковом освещении;  
 $\tau_4$  - коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах;  
 $\tau_5$  - коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимается равным 0,9.

Наряду с коэффициентом естественной освещенности расчет естественного освещения проводят с использованием так называемого светового коэффициента -  $\alpha$ , который представляет собой отношение суммарной площади оконных проемов (фонарей) к площади пола:

$$\alpha = \frac{S_0}{S_n}, \quad (2.7)$$

Используя световой коэффициент  $\alpha$  можно произвести приближенный расчет естественного освещения. Расчет естественной освещенности по световому коэффициенту ведут так:

-находят необходимую суммарную площадь окон по формуле:

$$S_0 = \alpha \cdot S_n, \quad (2.8)$$

-затем по СНиП 23.05.95 выбирают размер окон. По площади одного окна подсчитывают количество окон:

$$N_0 = \frac{S_0}{S_0}, \quad (2.9)$$

где  $N_0$  - количество окон;

$S_0$  - суммарная площадь световых (оконных) проемов;

$S_0$  - площадь одного окна.

### 2.3 Пример расчета искусственного освещения

Выполнить расчет естественного освещения слесарно-сборочного участка: длина участка - 10 м, ширина - 6 м, высота - 3,8 м. Коэффициент отражения потолка -  $p_n = 0,75$

Коэффициент отражения пола -  $p = 0,25$ . Коэффициент отражения стен -  $p_c = 0,6$

Высота окон - 2 м.

Расстояние от расчетной точки до наружной стены -  $d = 5$  м.

Коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями -  $K_{зд} = 1,7$ .

Вначале произведем расчет нормированного значения коэффициента естественной освещенности (КЕО) и общего коэффициента светопропускания по формулам:

$$e_N = 1,5 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 1,3 \%,$$

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 0,9 = 0,3.$$

Определяем суммарную площадь световых проемов:

$$S_0 = \frac{60 \cdot 1,3 \cdot 6 \cdot 1,3}{0,3 \cdot 1,2 \cdot 100} \cdot 0,5 = 9 \text{ м}^2.$$

Итак, суммарная площадь оконных проемов составляет  $9 \text{ м}^2$ .

Принимаем размер одного окна как 1,5х2м. Значит площадь одного окна 1,5х2=3м<sup>2</sup>. Теперь на основе этих данных мы определяем количество необходимых окон для слесарно-сборочного участка:

$$N = \frac{9}{3} = 3 \text{ шт.}$$

Значит для слесарно-сборочного участка необходимо 3 окна.

Таблица 2.2 – Индивидуальные задания по расчету естественного освещения

Вариант №	Площадь помещения, $a \times b$ , м <sup>2</sup>	Высота помещения, м	Коэффициенты отражения			Коэффициент $K_{зд}$
			потолка $\rho_n$	пола $\rho$	стен $\rho_c$	
1	16x4	3,5	0,75	0,25	0,60	1,7
2	16x6	3,5	0,8	0,27	0,55	1,5
3	8x16	3,5	0,70	0,20	0,75	1,2
4	10x6	3,5	0,85	0,30	0,80	1,3
5	12x6	3,5	0,65	0,32	0,76	1,6
6	14x6	3,5	0,90	0,24	0,65	1,4
7	16x6	3,5	0,75	0,25	0,60	1,7
8	18x6	3,5	0,8	0,27	0,55	1,5
9	20x6	4,0	0,70	0,20	0,75	1,2
10	6x14	4,0	0,85	0,30	0,80	1,3
11	20x6	4,0	0,65	0,32	0,76	1,6
12	18x6	4,0	0,90	0,24	0,65	1,4
13	16x6	4,0	0,75	0,25	0,60	1,7
14	14x6	4,0	0,8	0,27	0,55	1,5
15	16x4	4,0	0,70	0,20	0,75	1,2
16	18x4	4,5	0,85	0,30	0,80	1,3
17	6x16	4,5	0,65	0,32	0,76	1,6
18	18x6	4,5	0,90	0,24	0,65	1,4
19	10x6	4,5	0,75	0,25	0,60	1,7
20	12x6	4,5	0,8	0,27	0,55	1,5
21	10x6	4,5	0,70	0,20	0,75	1,2
22	12x6	3,5	0,85	0,30	0,80	1,3
23	14x6	3,5	0,65	0,32	0,76	1,6
24	20x6	3,5	0,90	0,24	0,65	1,4
25	16x6	3,5	0,77	0,21	0,55	1,6

## Контрольные вопросы

1. Объясните действующую классификацию естественного производственного освещения?
2. В чем основные недостатки бокового одностороннего естественного освещения производственных помещений?
3. Назовите преимущества и недостатки бокового двухстороннего естественного освещения производственных помещений?
4. Как организуется верхний вид естественного освещения производственных помещений?
5. Что такое К.Е.О., для чего он применяется?
6. Сколько разрядов зрительных работ существуют? Чем они характеризуются?
7. Какова методика расчета естественного освещения производственных помещений?

## **3 Искусственное производственное освещение**

### **3.1 Общие положения**

Свет является естественным условием жизни человека, необходимым для сохранения здоровья и высокой производительности труда, и основанным на работе зрительного анализатора, самого тонкого и универсального органа чувств.

Свет представляет собой видимые глазом электромагнитные волны оптического диапазона длиной 380-760 нм (нанометров), воспринимаемые сетчатой оболочкой зрительного анализатора.

В производственных помещениях используется 3 вида освещения:

- естественное (источником его является солнце);
- искусственное (когда используются только искусственные источники света);
- совмещенное или смешанное (характеризуется одновременным сочетанием естественного и искусственного освещения).

Совмещенное освещение применяется в том случае, когда только естественное освещение не может обеспечить необходимые условия для выполнения производственных операций.

Действующими строительными нормами и правилами предусмотрены две системы искусственного освещения: система общего освещения и комбинированного освещения.

Естественное освещение создается природными источниками света прямыми солидными лучами и диффузным светом небосвода (от солнечных лучей, рассеянных атмосферой). Естественное освещение является биологически наиболее ценным видом освещения, к которому максимально приспособлен глаз человека.

В производственных помещениях используются следующие виды естественного освещения: боковое - через светопроемы (окна) в наружных

стенах; верхнее - через световые фонари в перекрытиях; комбинированное - через световые фонари и окна.

В зданиях с недостаточным естественным освещением применяют совмещенное освещение - сочетание естественного и искусственного света. Искусственное освещение в системе совмещенного может функционировать постоянно (в зонах с недостаточным естественным освещением) или включаться с наступлением сумерек.

Искусственное освещение на промышленных предприятиях осуществляется лампами накаливания и газоразрядными лампами, которые являются источниками искусственного света.

В производственных помещениях применяются общее и местное освещение. Общее - для освещения всего помещения, местное (в системе комбинированного) - для увеличения освещения только рабочих поверхностей или отдельных частей оборудования.

Применение местного освещения без общего не допускается.

С точки зрения гигиены труда основной светотехнической характеристикой является освещенность ( $E$ ), которая представляет собой распределение светового потока ( $\Phi$ ) на поверхности площадью ( $S$ ) и может быть выражена формулой:

$$E = \Phi/S, \quad (3.1)$$

Световой поток ( $\Phi$ ) - мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею зрительному ощущению. Измеряется в люменах (лм).

В физиологии зрительного восприятия важное значение придается не падающему потоку, а уровню яркости освещаемых производственных и других объектов, которая отражается от освещаемой поверхности в направлении глаза. Зрительное восприятие определяется не освещенностью, а яркостью, под которой понимают характеристику светящихся тел, равную отношению силы света в каком-либо направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению. Яркость измеряется в

нитах (нт). Яркость освещенных поверхностей зависит от их световых свойств, степени освещенности и угла, под которым поверхность рассматривается.

Сила света - световой поток, распространяющийся внутри телесного угла, равного 1 стерadianу. Единица силы света - кандела (кд).

Световой поток, падающий на поверхность, частично отражается, поглощается или пропускается сквозь освещаемое тело. Поэтому световые свойства освещаемой поверхности характеризуются также следующими коэффициентами:

- коэффициент отражения - отношение отраженного телом светового потока к падающему;
- коэффициент пропускания - отношение светового потока, прошедшего через среду, к падающему;
- коэффициент поглощения - отношение поглощенного телом светового потока к падающему.

Необходимые уровни освещенности нормируются в соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» в зависимости от точности выполняемых производственных операций, световых свойств рабочей поверхности и рассматриваемой детали, системы освещения.

К гигиеническим требованиям, отражающим качество производственного освещения, относятся:

- равномерное распределение яркостей в поле зрения и ограничение теней;
- ограничение прямой и отраженной блескости;
- ограничение или устранение колебаний светового потока.

Равномерное распределение яркости в поле зрения имеет важное значение для поддержания работоспособности человека. Если в поле зрения постоянно находятся поверхности, значительно отличающиеся по яркости (освещенности), то при переводе взгляда с ярко на слабоосвещенную поверхность глаз вынужден переадаптироваться. Частая переадаптация ведет к развитию утомления зрения и затрудняет выполнение производственных операций.

Степень неравномерности определяется коэффициентом неравномерности -

отношением максимальной освещенности к минимальной. Чем выше точность работ, тем меньше должен быть коэффициент неравномерности.

Чрезмерная слепящая яркость (блесткость) - свойство светящихся поверхностей с повышенной яркостью нарушать условия комфортного зрения, ухудшать контрастную чувствительность или оказывать одновременно оба эти действия.

Светильники - источники света, заключенные в арматуру, -предназначены для правильного распределения светового потока и защиты глаз от чрезмерной яркости источника света. Арматура защищает источник света от механических повреждений, а также дыма, пыли, копоти, влаги, обеспечивает крепление и подключение к источнику питания.

По светораспределению светильники подразделяются на светильники прямого, рассеянного и отраженного света. Светильники прямого света более 80% светового потока направляют в нижнюю полусферу за счет внутренней отражающей эмалевой поверхности. Светильники рассеянного света излучают световой поток в обе полусферы: одни - 40-60% светового потока вниз, другие - 60-80% вверх. Светильники отраженного света более 80% светового потока направляют вверх на потолок, а отражаемый от него свет направляется вниз в рабочую зону.

Для защиты глаз от блескости светящейся поверхности лампы служит защитный угол светильника - угол, образованный горизонталью от поверхности лампы (края светящейся нити) и линией, проходящей через край арматуры.

Светильники для люминисцентных ламп в основном имеют прямое светораспределение. Мерой защиты от прямой блескости служат защитный угол, экранирующие решетки, рассеиватели из прозрачной пластмассы или стекла.

С помощью соответствующего размещения светильников в объеме рабочего помещения создается система освещения. Общее освещение может быть равномерным или локализованным. Общее размещение светильников (в прямоугольном или шахматном порядке) для создания рациональной

освещенности производят при выполнении однотипных работ по всему помещению, при большой плотности рабочих мест (сборочные цеха при отсутствии конвейера, деревоотделочные и др.) Общее локализованное освещение предусматривается для обеспечения на ряде рабочих мест освещенности в заданной плоскости (термическая печь, кузнечный молот и др.), когда около каждого из них устанавливается дополнительный светильник (например, кососвет), а также при выполнении на участках цеха различных по характеру работ или при наличии затеняющего оборудования.

Местное освещение предназначено для освещения рабочей поверхности и может быть стационарным и переносным, для него чаще применяются лампы накаливания, так как люминисцентные лампы могут вызвать стробоскопический эффект.

Аварийное освещение устраивается в производственных помещениях и на открытой территории для временного продолжения работ в случае аварийного отключения рабочего освещения (общей сети). Оно должно обеспечивать не менее 5% освещенности от нормируемой при системе общего освещения.

### **3.2 Методика расчета искусственного освещения**

Расчет искусственного освещения ведут в следующей последовательности:

а) выбирают источник света. В помещениях с температурой выше  $10^{\circ}\text{C}$ , с незначительным (менее 10 %) колебанием напряжения в сети и при отсутствии опасного появления стробоскопического эффекта предпочтительнее газоразрядные лампы, как наиболее гигиеничные и экономичные.

б) выбирают систему освещения (общее и комбинированное). Для помещения по задачам зрительной работы относящимся к 1-5 разрядам следует применять комбинированное освещение. Комбинированное освещение более экономично, а гигиеничнее система общего освещения.

в) выбирают тип светильников, производят их распределение и определить

их количество.

При выборе светильника следует учитывать требования пожаро- и взрывобезопасности, загрязненность воздушной среды и требования к распределению яркостей в поле зрения.

По распределению света в пространстве различают светильники прямого, преимущественно прямого, рассеянного, преимущественно отраженного и отраженного света.

В зависимости от конструктивного исполнения светильники делятся на открытые, защищенные, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащитные, взрывозащитные, взрывобезопасные.

По назначению различают светильники общего и местного освещения. Выбор тех или иных светильников зависит от характера выполняемых работ, состояния воздушной среды, цветового оформления и эстетических требований.

Наиболее распространенными светильниками с лампами накаливания прямого света в открытом и защищенном исполнении являются УПД, УПМ-15. К светильникам преимущественно прямого и рассеянного света относятся НСП-07, ПО-02. Однако в скором времени производство ламп накаливания будет полностью прекращено.

Конструкция взрывоопасного светильника типа ВЗГ предусматривает локализацию взрыва внутри светильника.

Открытые светильники с люминесцентными лампами типа ЛОУ, ЛСП, ЛДЦ, ЛБ, ЛД, ЛПО-21 применяются в помещениях с нормальным микроклиматом, в помещениях с повышенным содержанием пыли и влаги ПВЛП, НОГЛ, РВЛМ.

Размещение светильников оказывает существенное влияние на равномерность освещения рабочих поверхностей и может быть симметричным или локализованным. При симметричном размещении светильники располагают как вдоль, так и поперек помещения на одинаковом расстоянии, по углам прямоугольника или в шахматном порядке.

Симметричное размещение обеспечивает одинаковое освещение

оборудования, станков, рабочих мест и проходов, но требует большего расхода электроэнергии. При локализованном расположении светильники размещают с учетом местонахождения станков, машин, оборудования, мест контроля и рабочих мест. Такое размещение светильников, сокращающее расход электроэнергии, применяют в производственных помещениях с симметричным расположением оборудования.

Расчет освещения включает в себя определение количества ламп общего освещения и их мощность. Большое значение на равномерность освещения оказывает расстояние между светильниками ( $Z$ ) и высота их подвески ( $h$ ). Для каждого вида светильников наивыгоднейшее соотношение  $Z/h$  выбирается по таблице 3.1.

Зная высоту подвески светильников и соотношение, можно определить расстояние между светильниками. В дальнейшем, зная размеры помещения и расстояния между светильниками, можно определить количество светильников, которые должно быть размещено в данном помещении.

При расчете следует иметь в виду, что первый ряд светильников должен располагаться от стены на расстоянии, равном  $1/3 \cdot z$ ; если у стены находятся рабочие места, в остальных случаях  $1/2 \cdot z$ .

Таблица 3.1 - Соотношение расстояния между светильниками и высотой их подвески  $Z/h$

Тип светильника	$Z/h$	
	Наивыгоднейшее	Предельно допустимые
Люминесцентные ОРД, ОДОР, ШЛД, ШОД с защитной решеткой	1,1-1,3	1,4
Глубокоизлучатель «эмалированный»	1,6	1,3
«Универсал» без стекла, с матовым стеклом	1,8	2,5
Люминесцентный ОД, ОДО, ЛПО-21 без защитной решетки.	1,4	1,5

### 3.3 Примеры расчета искусственного освещения

#### Пример 1.

Длина помещения  $L=9$  м, ширина  $B=6$  м, высота помещения  $H=3$  м.

Отношение расстояния между светильниками  $Z$  и высотой подвески ( $Z:h=1,4$ ). Определить количество светильников типа люминесцентный ОД, ОДО, необходимых для заданного помещения.

#### Решение:

1) Находим расстояние между центрами светильников:

$$Z = H \cdot Z/h, \quad (3.2)$$

$$3 \cdot 1,4 = 4,2 \text{ м.}$$

2) Расстояние от стены до первого ряда светильников при наличии рабочих мест у стены принимаем:

$$a = \frac{1}{3} \cdot z, \quad (3.3.)$$

$$\frac{1}{3} \cdot 4,2 = 1,4 \text{ м.}$$

3) Рассчитываем расстояние между крайними рядами светильников, расположенных у противоположных стен (по ширине помещения):

$$C_1 = B - 2 \cdot a, \quad (3.4)$$

$$6 - 2 \cdot 1,4 = 3,2 \text{ м.}$$

4) Определяем количество рядов светильников, которые можно расположить между крайними рядами (по ширине помещения):

$$n_1 = \frac{C_1}{Z} - 1, \quad (3.5)$$

$$n_1 = \frac{3,2}{4,2} - 1 < 1, \quad n_1 = 0.$$

5) Рассчитываем общее количество рядов по ширине помещения:

$$n = n_1 + 2 = 0 + 2 = 2.$$

6) Находим расстояние между крайними рядами светильников:

$$C_2 = L - 2 \cdot a = 9 - 2 \cdot 1,4 = 6,2 \text{ м.}$$

7) Находим количество рядов светильников, которые можно расположить между крайними рядами (по длине помещения):

$$n = \frac{C_2}{Z_1} - 1 = \frac{6,2}{4,2} - 1 = 1.$$

8) Определяем общее количество рядов светильников (по длине помещения):

$$n = n_2 + 2 = 1 + 2 = 3.$$

Следовательно, в этом помещении светильники общего освещения должны располагаться по длине 3 ряда, по ширине в 2 ряда, всего должно быть 6 светильников.

9) Рассчитываем световой поток  $E_n$ , который должна излучать каждая электрическая лампа при заданном количестве ламп:

$$E_n = \frac{E \cdot S \cdot K \cdot Z}{\eta \cdot n}, \quad \text{лм}, \quad (3.6)$$

где  $E$  - нормированная минимальная освещенность ( $E=250$ ), лк;

$S$  - площадь освещенного помещения ( $S=54$ ), м<sup>2</sup>;

$K$  - коэффициент запаса ( $K=1,1$ );

$Z$  - коэффициент неравномерности освещения ( $Z=1,1$ );

$n$  - потребное число ламп ( $n =12$ );

$\eta$  - коэффициент использования светового потока.

$$i = \frac{a \cdot b}{H_c \cdot a + b}, \quad (3.7)$$

где  $a, b$  - два характерных размера (длина, ширина) помещения, м;

$H_c$  - высота подвески светильников, м.

$$H_c = H - h_c + h_p, \quad (3.8)$$

где  $H$  - высота помещения, м;

$h_c$  - расстояние от потолка до нижней части светильника, м;

$h_p$  - высота от пола до освещаемой поверхности, м.

$$H_c = 3 - (0 + 0,8) = 2,2 \text{ м.}$$

По вышеуказанной формуле рассчитываем:

$$i = \frac{9 \cdot 6}{2,2(9+6)} = 1,6.$$

Так как  $\varphi=1,6$  по таблице коэффициента использования светового потока находим, что  $\eta=0,56$ .

Рассчитываем световой поток:

$$E_n = \frac{250 \cdot 54 \cdot 1,1 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,56} = 2430 \text{ лм.}$$

Принимаем тип лампы ЛБ 40-4 мощностью 40 Вт, световой поток 2580 лм

(таблица 3.3).

Хорошее освещение производственных помещений и рабочих мест зависит не только от правильности выбора места расположения светильника, его типа и мощности, но также и от окраски помещений и оборудования. Потолки надо окрашивать в белые цвет, а стены и оборудование - в светлые тона.

По найденному значению светового потока каждой лампы определяют ее мощность по таблице 3.2. Допускается отклонение светового потока стандартной лампы от расчетного в пределах от -10% до +20%.

### **Пример 2.**

Выполнить расчет искусственного освещения служебного помещения. Норма освещения  $E=300$  лк, площадь помещения  $S=a \cdot b=20 \cdot 6=120$  м<sup>2</sup>, высота помещения  $H=4$  м. Расстояние от потолка до нижней части светильника  $h_p=0,1$  м, расстояние от пола до освещаемой поверхности  $h_o=0,8$  м. Общая система освещения.

**Решение.** В качестве источника света выбираем лампу люминесцентную ЛБ-40. Световой поток лампы  $F=2580$  лм. Светильник ЛПО-21. Габариты светильника 1250x175x60 мм.

1) Определяем индекс помещения по формуле

$$i = \frac{a \cdot b}{H_c \cdot a + b},$$

где  $H_c$  - высота подвеса светильника, м.

Высоту подвеса светильника определяют по формуле

$$H_c = H - (h_o + h_p),$$

где  $H$  - высота помещения, м

$$H_c = 4 - 0,1 + 0,8 = 3,1 \text{ м.}$$

$$i = \frac{20 \cdot 6}{3,1 \cdot 20 + 6} = 1,49.$$

2) Коэффициент использования светового потока  $\eta$  подбирается по таблице 3.2 с учетом коэффициента отражения потолка и стен по таблице 2.4 и индекса помещения. В нашем примере  $i = 1,49$ ,  $p_n = 70\%$ ,  $p_c = 50\%$ .

Коэффициент использования светового потока  $\eta = 0,56$ .

2) Определяем количество светильников

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{F \cdot \eta \cdot n},$$

где  $E$  - норма освещенности, лк;

$S$  - площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  - коэффициент запаса;

$Z$  - коэффициент неравномерности освещения;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока;

$n$  - количество ламп в светильнике.

$$N = \frac{300 \cdot 120 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{2580 \cdot 0,56 \cdot 2} = 16,4$$

Принимаем  $N = 16$  шт.

Распределение светильников с люминесцентными лампами рекомендуется располагать рядами. Зная количество светильников, количество рядов и длину светильника полную длину светильников одного ряда. Если полученная длина ряда близка к длине помещения, ряд получается сплошным, если меньше длины помещения - с разрывами, а если больше - увеличивают число рядов или каждый ряд выполняют из сдвоенных или строенных светильников.

В рассматриваемом примере светильники располагаются вдоль

помещения в два ряда. Расстояние от стены до ряда светильников 1,5 м, расстояние между рядами светильников 3,0 м, расстояние между светильниками в ряду 2,5 м.

3) Мощность потребляемой энергии, кВт:

$$W_0 = W_{\text{л}} \cdot n_0, \quad (3.9)$$

где  $W_{\text{л}}$  - мощность одной лампы, Вт;

$n_0$  - всего количество ламп.

$$W_0 = 40 \cdot 32 = 1280 \text{ Вт} = 1,28 \text{ кВт.}$$

### Контрольные вопросы

1. Как устраивается естественное освещение и какова его классификация?
2. Как устраивается искусственное освещение и какова его классификация?
3. Какими коэффициентами характеризуются световые свойства освещаемой поверхности?
4. Дайте определение термину «Световой поток»?
5. Дайте определение термину «Освещенность»?
6. Как устроены и как классифицируются светильники?
7. От каких факторов зависит освещенность рабочего места?
8. Какова последовательность расчета искусственного освещения рабочих мест?
9. Как определить высоту подвеса светильника?
10. Как определить индекс помещения?

Таблица 3.2 - Коэффициент использования светового потока

Светильник	УПД			ВЗГ-200			ЛПО-21			ПВЛ		
	$p_n$ , %	$p_c$ , %	$i$	$p_n$ , %	$p_c$ , %	$i$	$p_n$ , %	$p_c$ , %	$i$	$p_n$ , %	$p_c$ , %	$i$
	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70
	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50
	Коэффициент использования											
	0,21	0,24	0,28	0,12	0,14	0,17	0,23	0,26	0,31	0,11	0,13	0,18
	0,25	0,28	0,34	0,16	0,18	0,21	0,30	0,33	0,37	0,14	0,17	0,23
	0,29	0,39	0,38	0,19	0,21	0,24	0,35	0,38	0,42	0,16	0,20	0,27
	0,33	0,36	0,42	0,21	0,24	0,26	0,39	0,41	0,45	0,19	0,23	0,29
	0,38	0,40	0,44	0,23	0,25	0,28	0,42	0,44	0,48	0,21	0,27	0,32
	0,40	0,42	0,47	0,25	0,27	0,29	0,44	0,46	0,49	0,23	0,28	0,34
	0,46	0,51	0,57	0,29	0,30	0,33	0,50	0,52	0,56	0,30	0,36	0,42
	0,54	0,58	0,62	0,32	0,33	0,35	0,55	0,57	0,60	0,35	0,40	0,46
	0,61	0,64	0,67	0,35	0,37	0,39	0,60	0,62	0,66	0,41	0,45	0,52
	0,64	0,67	0,70	0,37	0,39	0,41	0,63	0,65	0,68	0,44	0,48	0,54
	0,66	0,69	0,72	0,38	0,40	0,42	0,64	0,66	0,70	0,48	0,52	0,57

Таблица 3.3 - Электрические и световые характеристики ламп

Лампы накаливания		Люминесцентные лампы		
Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм
15	105	ЛДЦ30-4	30	1450
25	210	ЛД30-4	30	1650
40	380	ЛХБ30-4	30	1720
60	650	ЛБ30-4	30	2100
75	950	ЛТБ30-4	30	1720
100	1350	ЛДЦ40-4	40	2100
150	2000	ЛД40-4	40	2340
200	2950	ЛХБ40-4	40	2600
300	4500	ЛБ40-4	40	2580
500	8200	ЛТБ40-4	40	3000
750	13100	ЛДЦ65-4	65	3050
1000	18500	ЛД65-4	65	3570
1500	28000	ЛХБ65-4	65	3820
		ЛБ65-4	65	4550
		ЛТБ65-4	65	3980
		ЛДЦ80-4	80	3560
		ЛД80-4	80	4070
		ЛХБ80-4	80	4440
		ЛБ80-4	80	5220
		ЛТБ80-4	80	4440

Таблица 3.4 - Ориентировочные значения коэффициентов отражения потолка  $\rho_{\text{п}}$  и стен  $\rho_{\text{с}}$  производственных помещений

Состояние потолка	$\rho_{\text{п}}$ , %	Состояние стен	$\rho_{\text{с}}$ %
Свежепобеленный	70	Свежепобеленные с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные в сырых помещениях	50	Свежепобеленные с окнами без штор	50
Чистый бетон	50	Бетон с окнами	50
Светлый деревянный (окрашенный)	50	Оклеенный светлыми обоями	30
Бетонный грязный	30	Грязные	10
Деревянный некрашеный	30	Кирпичные неоштукатуренные	10
Грязный	10	С грязными обоями	10

Таблица 3.5 - Индивидуальные задания к расчету искусственного освещения

Вариант №	Норма освещения, лк	Площадь помещения, $a \times b$ , м <sup>2</sup>	Высота помещения, м	Коэффициент запаса
1	250	6x4	3,5	1,15
2	260	6x6	3,5	1,20
3	270	8x6	3,5	1,25
4	280	10x6	3,5	1,30
5	290	12x6	3,5	1,10
6	300	14x6	3,5	1,15
7	310	16x6	3,5	1,20
8	320	18x6	3,5	1,25
9	340	20x6	4,0	1,30
10	350	6x4	4,0	1,10
11	250	20x6	4,0	1,15
12	260	18x6	4,0	1,20
13	270	16x6	4,0	1,25
14	280	14x6	4,0	1,30
15	290	6x4	4,0	1,10
16	300	8x4	4,5	1,15
17	310	6x6	4,5	1,20
18	320	8x6	4,5	1,25
19	330	10x6	4,5	1,30
20	340	12x6	4,5	1,10
21	350	10x6	4,5	1,15
22	270	12x6	3,5	1,20
23	280	14x6	3,5	1,25
24	290	20x6	3,5	1,30
25	300	6x6	3,5	1,10

## 4 Защитное заземление

### 4.1 Общие положения

Заземление является неотъемлемой частью любых электроустановок и предназначено не только для обеспечения функционирования электрооборудования, но и для обеспечения безопасности и сохранности здоровья и жизни человека при случайном возможном его контакте с нетоковедущими элементами конструкций электрооборудования. В ПУЭ применяют следующие понятия:

1) заземление - преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством;

2) защитное заземление - заземление, выполняемое в целях электробезопасности;

3) рабочее (функциональное) заземление - заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности);

4) защитное зануление в электроустановках до 1кВ - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях 3-х фазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Различают естественные и искусственные заземлители.

Естественными заземлителями являются находящиеся в земле металлические конструкции зданий и сооружений, трубопроводы и свинцовые оболочки кабелей.

Искусственные заземлители выполняются из стальных заземлителей, забитых на требуемую расчетную глубину и соединенных посредством сварки стальной полосой или арматурой на глубине 0,5...0,7м. Все соединения сети заземления выполняются на сварке. Каждый заземляемый элемент подключается

к сети заземления отдельным ответвлением.

При устройстве заземлений надо стремиться к снижению напряжений шага и прикосновения. Достигается это благодаря контурным заземлителям с уравнительными полосами, которые позволяют равномерно распределить потенциал на всей площади. Такое заземление применяют на подстанциях.

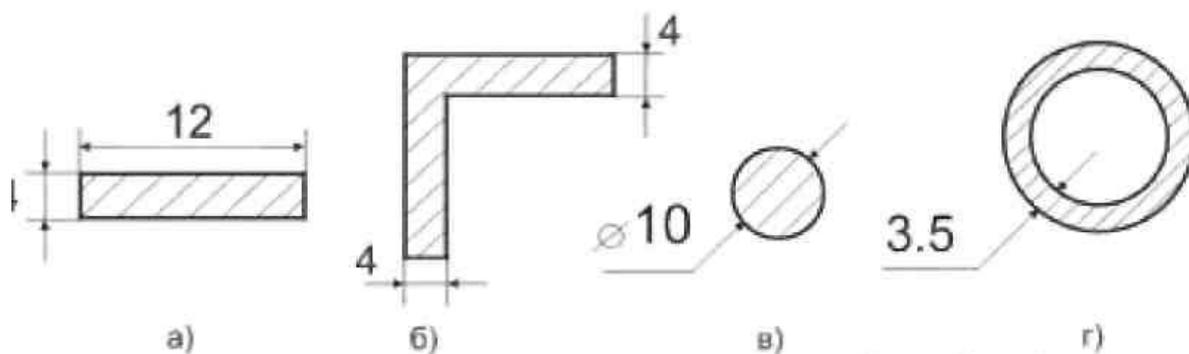
Внутренние магистрали заземления соединяются с наружным контуром в нескольких местах. Чтобы избежать большой разности потенциалов во внешней части контура, особенно в местах входа и въезда в подстанцию, закладывают дополнительно две-три стальные полосы (в форме козырька) с постепенным заглублением до 1,5...2 м. Этим достигается более пологий спад потенциала и снижение напряжения шага.

Основные условия, которых необходимо придерживаться при сооружении заземляющих устройств это размеры заземлителей.

В зависимости от используемого материала (уголок, полоса, круглая сталь) минимальные размеры заземлителей должны быть не меньше:

- а) полоса 12x4 – 48 мм<sup>2</sup>;
- б) уголок 4x4;
- в) круглая сталь – 10 мм<sup>2</sup>;
- г) стальная труба (толщина стенки) – 3,5 мм.

Минимальные размеры арматуры применяемые для монтажа заземляющих устройств приведены на рисунке 4.1.



*а – полоса; б – уголок; в - круглый прокат; г – труба*

Рисунок 4.1 - Минимальные размеры арматуры

Длина заземляющего стержня должна быть не меньше 1,5 – 2 м (рисунок 4.2).

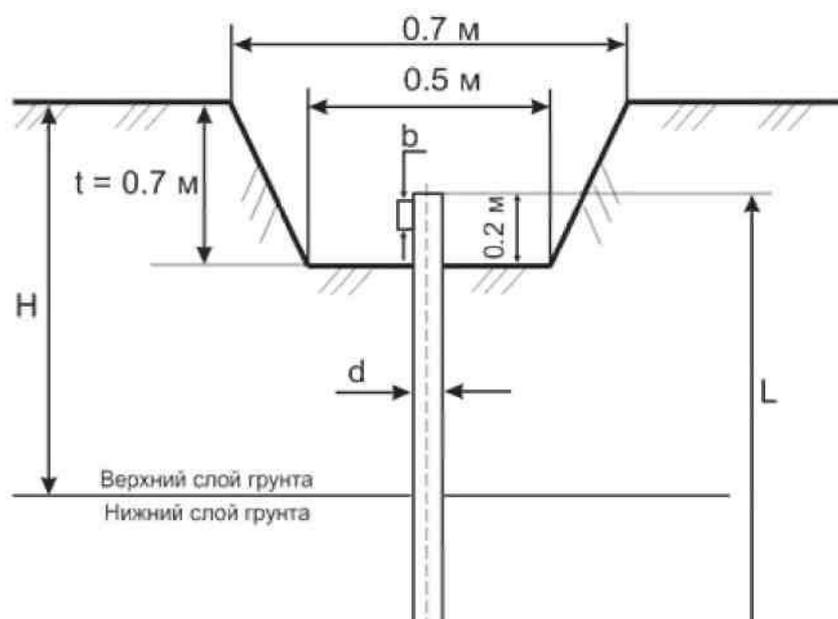


Рисунок 4.2 - Схема заложения заземляющего стержня в почву

Расстояния между заземляющими стержнями (рисунок 4.3) берется из соотношения их длины, то есть:

$$a = 1 \cdot L; a = 2 \cdot L; a = 3 \cdot L.$$

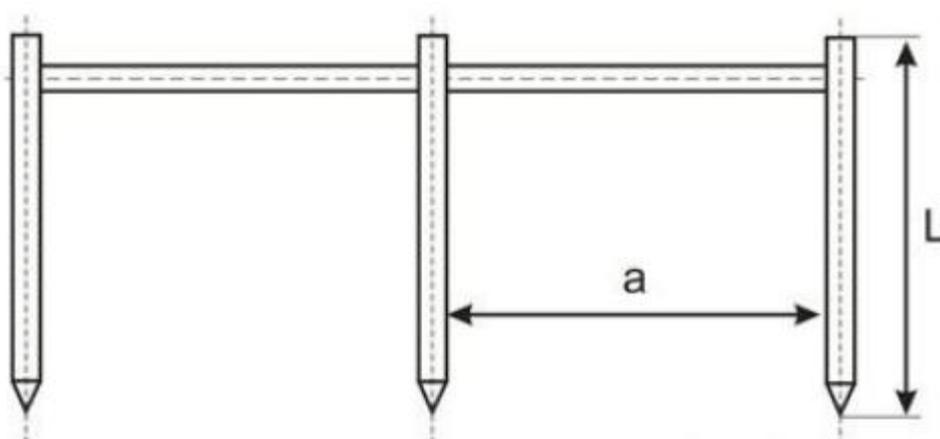


Рисунок 4.3 - Схема расположения одиночных стержней заземления

В зависимости от позволяющей площади и удобства монтажа заземляющие стержни можно размещать в ряд, либо в виде какой ни будь фигуры (треугольник,

квадрат и т.п.).

Цель расчета защитного заземления: основной целью расчета заземления является определить число заземляющих стержней и длину полосы, которая их соединяет.

## 4.2 Методика расчета заземляющих устройств

Расчет сводится к определению сопротивления растеканию тока заземлителя, которое зависит от проводимости грунта, конструкции заземлителя и глубины его заложения. Проводимость грунта характеризуется его удельным сопротивлением  $\rho$  (Ом·см): сопротивление между противоположными сторонами кубиками грунта с ребрами 1 см. Удельное сопротивление зависит от характера и строения грунта, его влажности, глубины промерзания и может колебаться в широких пределах.

Обычно в расчет принимают следующие средние значения удельных сопротивлений грунта (Ом·см):

- глина, садовая земля -  $4 \cdot 10^3$ ;
- чернозем -  $5 \cdot 10^3$ ;
- суглинок, каменистая глина -  $10 \cdot 10^3$ ;
- щебень с песком, каменистая почва -  $20 \cdot 10^3$ ;
- супесь -  $30 \cdot 10^3$ ;
- песок с галькой -  $80 \cdot 10^3$ .

При промерзании грунта электропроводность его ухудшается и удельное сопротивление возрастает. Поэтому в расчет нужно вводить поправку  $K_m$  - коэффициент сезонности, величина которого определяется в зависимости от климатической зоны. Коэффициент сезонности приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Значение коэффициента сезонности  $K_M$

Климатические зоны	Признаки зон			Коэффициент, $K_M$
	Средняя многолетняя температура, °С		Продолжительность заморозания вод, сутки	
	Низшая (январь)	Высшая (июль)		
1	От -20 до -15	От +16 до +18	170...190	1,9/5,8
2	От -15 до -10	От +18 до +22	150	1,7/4,0
3	От -10 до 0	От +22 до +24	100	1,5/2,3
4	От 0 до +5	От +24 до +26	0	1,3/1,8

Числитель в последнем столбце - для вертикальных заземлителей с заложением их вершин на глубине 0,5 - 0,7 м от поверхности земли; знаменатель - для горизонтальных заземлителей при глубине заложения 0,3 - 0,8 м. При удельных сопротивлениях грунта более  $20 \cdot 10^3$  Ом·см необходимо устанавливать углубленные заземлители или принимать меры для снижения величины  $\rho$ . Сопротивление (в Омах) одиночного вертикального заземлителя (из круглого стержня) растеканию тока определяется по формуле:

$$R_{0,в} = \frac{0,366}{l} \cdot \rho \cdot K_M \log \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \log \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l}, \quad (4.1)$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление грунта, Ом·см;

$K_M$  - коэффициент сезонности;

$l$  - длина заземлителя, см;

$d$  - диаметр стержня, см;

$t$  - глубина заложения (от поверхности земли до середины длины стержня), см.

Если вместо круглого стержня используется угловая сталь, то  $d = 0,95b$ , где  $b$  - ширина полка уголка.

При ориентировочных расчетах сопротивление одиночного заземлителя можно с достаточной точностью определять как:

$$R_{O.B} \approx 0,003 \cdot \rho \cdot K_M, \quad (4.2)$$

Сопротивление (в Омах) горизонтального заземлителя:

$$R'_{O.B.} = \frac{0,366}{l_r} \cdot \rho \cdot K_M \cdot \log \frac{2 \cdot l_r^2}{b \cdot t}, \quad (4.3)$$

где  $l_r$  - длина заземлителя, см;

$b$  - ширина полосового заземлителя, см;

$t$  - глубина его заложения, см.

Сопротивление заземлителя из нескольких электродов, соединенных полосой:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B + R_r}, \quad (4.4)$$

Суммарное сопротивление всех вертикальных электродов составит:

$$R_B = \frac{R_{O.B}}{n \cdot \eta_B}, \quad (4.5)$$

где  $n$  - число электродов;

$\eta_B$  - коэффициент использования электрода, характеризующий степень использования его поверхности из-за экранирующего влияния соседних электродов (таблица 4.2).

Для горизонтальных полос, связывающих вертикальные электроды, сопротивление растеканию тока с учетом экранирования определяется по формуле:

$$R_r = \frac{\dot{R}_r}{\eta_r}, \quad (4.6)$$

где  $\eta_r$  - коэффициент использования горизонтальной полосы с учетом экранирующего влияния вертикальных электродов.

Таблица 4.2 - Значения коэффициента использования

Количество вертикальных	Отношение $\frac{a}{l}$ ( $a$ - расстояние между заземлителями; $l$ – длина заземлителя)					
	1		2		3	
	$\eta_B$	$\eta_r$	$\eta_B$	$\eta_r$	$\eta_B$	$\eta_r$
4	0,69/0,74	0,45/0,77	0,78/0,83	0,55/0,89	0,85/0,88	0,70/0,92
6	0,62/0,63	0,40/0,77	0,73/0,77	0,48/0,83	0,80/0,83	0,64/0,88
10	0,55/0,59	0,34/0,62	0,69/0,75	0,40/0,75	0,76/0,81	0,56/0,82
20	0,47/0,49	0,27/0,42	0,64/0,68	0,32/0,56	0,71/0,77	0,45/0,68
30	0,43/0,43	0,24/0,31	0,60/0,65	0,30/0,46	0,68/0,75	0,41/0,58

\*Примечание - В таблице числитель - значения при размещении вертикальных заземлителей по замкнутому контуру; в знаменателе - при расположении их в ряд.

### 4.3 Пример расчета защитного заземления

Выполнить контур защитного заземления цеховой подстанции с двумя трансформаторами 630 кВ · А на напряжении 10/0,4кВ. Протяженность электрически связанных кабельных линий 10 кВ предприятия составляет 18 км. Грунт - суглинок, климатическая зона - 3.

**Решение.** Ток однофазного короткого замыкания для сетей свыше 1000В с изолированной нейтралью определяется по формуле:

$$I_{\text{Э}} = U \cdot \frac{l_B}{350} + \frac{l_K}{10}, \quad (4.7)$$

где  $U$  - междуфазное напряжение (в киловольтах);

$l_B$  и  $l_K$  - длины электрически связанных воздушных ( $l_B$ ) и кабельных ( $l_K$ ) линий сети данного напряжения (в километрах).

Отсюда находим значение тока однофазного короткого замыкания на землю:

$$I_3 = \frac{10 \cdot 18}{10} = 18 \text{ А.}$$

Сопротивление заземлителя растеканию тока на напряжении 10кВ определяется как:

$$R_3 = \frac{250}{I_3}. \quad (4.8)$$

Таким образом,  $R_3 = 250/18 = 13,88 \text{ Ом}$ .

В соответствии с ПУЭ нормируемое сопротивление заземлителей у электроустановок напряжением 10 кВ должно быть не более 10 Ом, а с напряжением 0,4/0,23 кВ - не более 4 Ом (таблица 4.3). Расчетным принимается всегда сопротивление заземления для меньшего напряжения, таким образом, принимаем  $R_3 = 4 \text{ Ома}$ .

После этих расчетов необходимо определиться с материалом заземлителей. Примем заземлители из круглых стальных электродов диаметром 12 мм и длиной 5 м. Размещаем электроды в ряд и соединяем их полосой из круглой стали диаметром 12 мм. А эту полосу заложим на глубине 0,6 м. Сопротивление одного электрода найдем по вышеприведенной формуле:

$$R_{0,в} \approx 0,003 \cdot \rho \cdot K_M, \quad (4.9)$$

Для суглинка  $\rho = 10 \cdot 10^3 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ . А по значениям коэффициента сезонности в таблице 4.1  $K_M = 1,5$ . Отсюда:

$$R_{0,в} = 0,003 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 1,5 = 45 \text{ Ом.}$$

Далее, приняв отношение  $a_l = 1$  по таблице 4.2 определяем для  $n=20$  коэффициент использования  $\eta_\epsilon = 0,47$ .

Таблица 4.3 - Допустимые сопротивления заземляющего устройства в электроустановках до и выше 1000 В

Наибольшие допустимые значения $R_3$ , Ом	Характеристика электроустановок
$R_3 < 0,5$	Для электроустановок напряжением свыше 1000В и расчётным током замыкания на землю $I_3 < 500А$
$R_3 = 250 / I_3 < 10$	Для электроустановок напряжением выше 1000В и расчётным током замыкания на землю $I_3 < 500А$
$R_3 = 125 / I_3 < 10$	При условии, что заземляющее устройство является общим для электроустановок напряжением до и выше 1000 В и расчётном токе замыкания на землю $I_3 < 500$
$R_3 < 2$	В электроустановках напряжением 660/380 В
$R_3 < 4$	В электроустановках напряжением 380/220 В
$R_3 < 8$	В электроустановках напряжением 220/127 В

Находим суммарное сопротивление всех электродов по формуле:

$$R_B = \frac{R_{0,B}}{n \cdot \eta_B}, \quad (4.10)$$

Отсюда:

$$R_B = 45 / 20 \cdot 0,47 = 4,8 \text{ Ом.}$$

Протяженность заземлителя:

$$l_r = (n - 1) \cdot a = 19 \cdot 5 = 95 \text{ м.}$$

Далее по формуле находим сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R'_r = \frac{0,366}{l_r} \cdot c \cdot K_M \cdot \log \frac{2 \cdot l_r^2}{b \cdot t}, \quad (4.11)$$

Сопротивление соединительной полосы с учетом экранирования находится из выражения:

$$R_r = \frac{R_r'}{\eta_r}, \quad (4.12)$$

Значение  $\eta_r$  берем из таблицы 4.2 для ранее принятых значений  $n = 20$  и  $a_{l=1} = 1$  составит:  $\eta_r = 0,27$ .

Посчитав, получим:

$$R_r = 22,6 \text{ Ом.}$$

И, наконец, находим по формуле:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B + R_r}, \quad (4.13)$$

сопротивление нашего заземлителя из нескольких электродов, соединенных полосой, растеканию тока. Получим:

$$R_3 = \frac{4,8 \cdot 22,6}{4,8 + 22,6} = 3,9 \text{ Ом,}$$

что меньше минимально необходимой величины 4 Ома.

Следует отметить, что подобная задача решается подбором материала и его количеством. Поэтому, если величина получившегося сопротивления контура получилась больше необходимого значения, следует взять стальные прутья или уголки большей длины и/или большего количества и снова пересчитать до получения необходимого результата.

### Контрольные вопросы

1. Что такое защитное заземление?
2. В каких электроустановках устраивается заземление?

3. При каких напряжениях переменного и постоянного тока следует выполнять заземление?

3. В чем сущность расчета защитного заземления?

4. Как определяется сопротивление одиночного заземлителя?

5. Какие факторы влияют на сопротивление растеканию тока?

6. Как рассчитать количество заземлителей при групповом заземлении?

Таблица 4.4 – Индивидуальные задания для расчета контура защитного заземления трансформаторной подстанции

№ варианта	Напряжение, кВ	Протяженность воздушных линий, км	Протяженность кабельных линий, км	Характеристика грунта	Климатическая зона
1	10/0,4кВ	3	10	глина	1
2	6/0,4кВ	2	12	чернозем	2
3	10/0,4кВ	9	15	суглинок	3
4	6/0,4кВ	5	17	каменистая почва	4
5	10/0,4кВ	10	8	супесь	1
6	6/0,4кВ	4	22	песок с галькой	2
7	10/0,4кВ	6	19	каменистая глина	3
8	6/0,4кВ	11	14	садовая земля	4
9	10/0,4кВ	7	16	глина	1
10	6/0,4кВ	8	24	чернозем	2
11	10/0,4кВ	9	27	супесь	3
12	10/0,4кВ	2	8	глина	4
13	6/0,4кВ	9	22	чернозем	3
14	10/0,4кВ	5	19	суглинок	2
15	6/0,4кВ	10	14	каменистая почва	1
16	10/0,4кВ	4	16	супесь	4
17	6/0,4кВ	6	24	песок с галькой	3
18	10/0,4кВ	11	27	чернозем	2
19	6/0,4кВ	9	32	супесь	1
20	10/0,4кВ	12	9	глина	3
21	10/0,4кВ	10	14	супесь	1
22	6/0,4кВ	4	16	песок с галькой	2
23	10/0,4кВ	6	24	каменистая глина	3
24	6/0,4кВ	11	27	садовая земля	4
25	10/0,4кВ	9	8	глина	1

## **5 Молниезащита зданий и сооружений**

### **5.1. Общие положения**

Молниезащита (она также ещё называется грозозащитой) является электрозащитной мерой, которая надёжно обеспечивает безопасность различных зданий и сооружений, а также оберегает жизни людей (персонала), находящихся в них от крайне разрушительных последствий прямого попадания (удара) молнии в те или иные объекты.

Электрический потенциал грозового облака составляет десятки миллионов вольт, но может достигать 1 млрд. В. Однако общий заряд облака равен нескольким кулонам. Основной формой релаксации зарядов АтЭ является молния - электрический разряд между облаком и землей или между облаками (частями облаков). Диаметр канала молнии равен примерно 1 см, ток в канале молнии составляет десятки килоампер, но может достигать 100 кА, температура в канале молнии равна примерно 25 000°С, продолжительность разряда составляет доли секунды.

Молния является мощным поражающим опасным фактором. Прямой удар молнии приводит к механическим разрушениям зданий, сооружений, скал, деревьев, вызывает пожары и взрывы, является прямой или косвенной причиной гибели людей. Механические разрушения вызываются мгновенным превращением воды и вещества в пар высокого давления на путях протекания тока молнии в названных объектах. Прямой удар молнии называют первичным воздействием атмосферного электричества.

К вторичному воздействию АтЭ относят: электростатическую и электромагнитную индукции; занос высоких потенциалов в здания и сооружения.

Молниезащита – комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности зданий и сооружений, оборудования, материалов от воздействия взрывов, загораний и разрушений, возникающих при воздействии молнии.

Основные элементы молниезащиты (рисунок 5.1): молниеприемник 1, токоотвод 2, заземлитель 3 и опора 4. Защитное действие молниеотвода основано на свойстве молнии поражать в первую очередь более высокие и хорошо заземленные металлические объекты. Токи молнии воспринимаются молниеприемником и полностью отводятся в землю через токоотводящий спуск и заземлитель. Защищаемый объект, расположенный непосредственно возле молниеотвода, экранируется им и поэтому практически не поражается молнией.

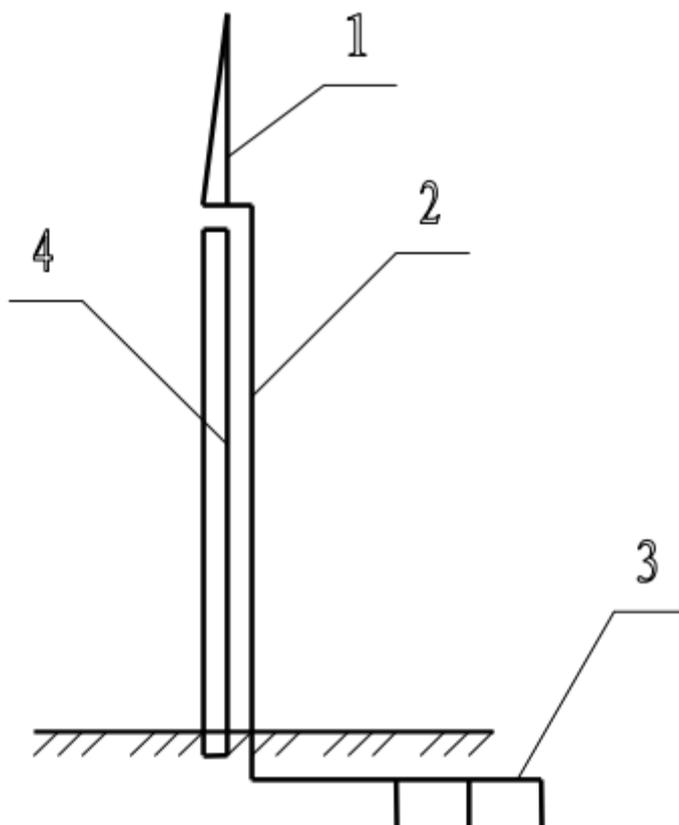


Рисунок 5.1 - Устройство молниезащиты

Молниеприемники изготавливают из стального стержня длиной 1,0...2,0 м, сечением не менее  $100 \text{ мм}^2$ , закрепленного на трубчатых, железобетонных или деревянных опорах 4 (рисунок 5.1). Для зданий большой длины применяют молниеприемники в виде троса сечением не менее 35 мм, натянутого между двумя стержнями. В качестве молниеприемника может быть использована металлическая крыша здания или металлическая сетка, положенная на крышу здания. Токоотводы и заземлитель изготавливают из стальных стержней (прутков) диаметром не менее 6 мм (в земле – 10 мм), угловой или прямоугольной

стали с толщиной полок не менее 4 мм, прямоугольных шин сечением 50 мм<sup>2</sup> (в земле 160 мм<sup>2</sup>).

Таблица 5.1 - Классификация зданий и сооружений по устройству молниезащиты и необходимости ее выполнения

Здания и сооружения	Местность, в которой здания и сооружения подлежат обязательной молниезащите	Категория молниезащиты
1	2	3
Производственные здания и сооружения с производствами, относимыми к классам В-I и В-II ПУЭ	На всей территории РК	I
Производственные здания и сооружения с помещениями, относимыми к классам В-Ia, В-Iб и В-IIa по Правилам устройства электроустановок	В местностях со средней грозовой деятельностью 10 ч и более в год	II
Наружные технические установки и наружные склады, содержащие взрывоопасные газы, пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (например, газгольдеры, емкости, сливо-наливные эстакады и т. п.), относимые к классу В-IIa по ПУЭ	На всей территории РК	II
Производственные здания и сооружения с производствами, относимыми к классам II-I, II-II или II-III по ПУЭ	В местностях со средней грозовой деятельностью 20 грозовых часов и более в год при ожидаемом количестве поражений молнией здания или сооружения в год не менее 0,05 для зданий или сооружений I степени огнестойкости и 0,01 - для III, IV и V степени стойкости	III
Производственные здания и сооружения III, IV и V степени огнестойкости, относимые по ступеням пожарной опасности к категориям Г и Д по СНиП П-М, 2-62, а также открытые склады твердых горючих веществ, относимые к классу II-III по ПУЭ	В местностях со средней грозовой деятельностью 20 грозовых часов и более в год при ожидаемом количестве поражений молнией здания или сооружения в год не менее 0,05	III
Наружные установки, в которых применяются или хранятся горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45 оС, относимые к классу II-III по ПУЭ	В местностях со средней грозовой деятельностью 20 грозовых часов и более в год	III

Продолжение таблицы 5.1

Животноводческие и птицеводческие здания и сооружения сельскохозяйственных предприятий III, IV и V степени огнестойкости следующего назначения: коровники и телятники на 100 голов и более, свинарники для животных всех возрастов и групп на 100 голов и более; конюшни на 40 голов и более; птичники для всех видов возрастов птицы на 1000 голов и более	В местностях со средней грозовой деятельностью 40 грозовых часов и более в год	III
Вертикальные вытяжные трубы промышленных предприятий и котельных, водонапорные и силосные башни, пожарные вышки высотой 15-30 м от поверхности земли	В местностях со средней грозовой деятельностью 20 грозовых часов и более в год	III
Вертикальные вытяжные трубы промышленных предприятий и котельных высотой более 30 м от поверхности земли	На всей территории РК	III
Жилые и общественные здания, возвышающиеся на уровне общего массива застройки более, чем на 25 м, а также отдельно стоящие здания высотой более 30 м, удаленные от массива застройки не менее, чем на 100 м	В местностях со средней грозовой деятельностью 20 грозовых часов и более в год	III
Общественные здания IV и V степени огнестойкости следующего назначения: детские сады и ясли; учебные и спальные корпуса, столовые санаториев, учреждений отдыха и пионерских лагерей, спальные корпуса больниц; клубы и кинотеатры	В местностях со средней грозовой деятельностью 20 грозовых часов и более в год	III
Здания и сооружения, имеющие историческое и художественное значение, находящиеся в ведении управления изобразительных искусств и охраны памятников Министерства культуры	На всей территории РФ	III

Все соединения (молниеприемник – токоотвод, токоотвод – заземлитель) выполняют сваркой. Болтовые соединения разрешаются только для временных заземлителей.

Все здания и сооружения по степени требований к молниезащите делятся на три категории (таблица 5.1). Здания и сооружения первой категории подлежат защите в любом районе расположения. Здания и сооружения второй и третьей категории защищаются от ударов молнии в зависимости от интенсивности

грозовой деятельности.

Степень взрывопожароопасности объектов оценивается по классификации Правил устройства электроустановок (ПУЭ). Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты СН 305- 77 устанавливает три категории устройства молниезащиты (I, II, III) и два типа (А и Б) зон защиты объектов от прямых ударов молнии.

Зона защиты типа А обеспечивает перехват на пути к защищаемому объекту не менее 99,5 % молний, а типа Б - не менее 95 %. По I категории организуется защита объектов, относимых по классификации ПУЭ к взрывоопасным зонам классов В-1 и В-П. Зона защиты для всех объектов (независимо от места расположения объекта на территории РФ и от интенсивности грозовой деятельности в месте расположения) применяется только типа А.

По II категории осуществляется защита объектов, относимых по классификации ПУЭ к взрывоопасным зонам классов В-1а, В-1б и В-Па. Тип зоны защиты при расположении объектов в местностях со средней грозовой деятельностью 10 ч и более в год определяется по расчетному количеству  $N$  поражений объекта молнией в течение года:

- при  $N \leq 1$  достаточна зона защиты типа Б;
- при  $N > 1$  должна обеспечиваться зона защиты типа А.

Порядок расчета величины  $N$  показан в нижеприведенном примере. Для наружных технологических установок и открытых складов, относимых по ПУЭ к зонам класса В-1г, на всей территории РФ (без расчета  $N$ ) принимается зона защиты типа Б.

По III категории организуется защита объектов, относимых по ПУЭ к пожароопасным зонам классов П-1, П-2 и П-2а. При расположении объектов в местностях со средней грозовой деятельностью 20 ч и более в год и при  $N > 2$  должна обеспечиваться зона защиты типа А, в остальных случаях - типа Б.

По III категории осуществляется также молниезащита общественных и жилых зданий, башен, вышек, труб, предприятий, зданий и сооружений

сельскохозяйственного назначения. Тип зоны защиты этих объектов определяется в соответствии с указаниями СН 305-77.

Объекты I и II категорий устройства молниезащиты должны быть защищены от всех четырех видов воздействия атмосферного электричества, а объекты III категории - от прямых ударов молнии и от заноса высоких потенциалов внутрь зданий и сооружений.

Защита от электростатической индукции заключается в отводе индуцируемых статических зарядов в землю путем присоединения металлического оборудования, расположенного внутри и вне зданий, к специальному заземлителю или к защитному заземлению электроустановок; сопротивление заземлителя растеканию тока промышленной частоты должно быть не более 10 Ом.

Для защиты от ударов молнии объектов II категории применяют отдельно стоящие или установленные на защищаемом объекте не изолированные от него стержневые и тросовые молниеотводы. Допускается использование в качестве молниеприемника металлической кровли здания или молниеприемной сетки (из проволоки диаметром 6-8 мм и ячейками 6Х6 м), накладываемой на неметаллическую кровлю.

В качестве токоотводов рекомендуется использовать металлические конструкции зданий и сооружений, вплоть до пожарных лестниц на зданиях. Импульсное сопротивление каждого заземлителя должно быть не более 10 Ом, для наружных установок - не более 50 Ом.

Защита объектов III категории от прямых ударов молнии организуется так же, как для объектов II категории, но требования к заземлителям ниже: импульсное электросопротивление каждого заземлителя не должно превышать 20 Ом, а при защите дымовых труб, водонапорных и силосных башен, пожарных вышек - 50 Ом.

## 5.2 Методика расчета молниезащиты

Защитное действие молниеотвода характеризуется зоной защиты, под которой понимается пространство защищенное с некоторой вероятностью от попадания молнии. В ходе расчета параметров одиночного молниеотвода (рисунок 5.1) определяется:

1) Ожидаемое количество поражений молнией в год:

$$N = (L + 6 \cdot h_x) (S + 6 \cdot h_x) 10^{-6} n, \quad (5.1)$$

где  $n$  – среднегодовое число ударов молнии в  $1 \text{ км}^2$  земной поверхности, определяется в зависимости от интенсивности грозовой деятельности (принять 4-6);

$L$  – длина здания, м;

$S$  – ширина здания, м;

$h_x$  – высота здания.

По справочным данным определяем параметры и тип молниеотводов и зоны защиты.

Таблица 5.2 - Среднее число поражений молнией территории земной поверхности

Грозовая деятельность за год, час	10-20	20-40	40-60	60-80	80 и более
$n$	1	3	6	9	12

2) Высота молниеотвода  $h$  в расчетных заданиях принимается не более 150 м. Определяемыми параметрами являются высота зоны защиты  $h_0$  над землей; радиус зоны защиты  $r_0$  на уровне земли; радиус зоны защиты  $r_x$  на высоте  $h_x$  над землей.

Зона защиты молниеотвода представляет собой пространство, внутри которого объекты защищаются от прямых попаданий ударов молний с определенной степенью надежности. Зоны защиты подразделяются на два типа: тип А, обладающий степенью надежности выше 99,5%, и тип Б – выше 95%.

Для одиночного стержневого молниеприемника зона защиты представляет круговой конус (рисунок 5.2), вершина которого находится на высоте  $h_o$ , а основанием является круг радиусом  $r_o$ . Формулы для определения размеров зоны защиты молниеприемника высотой  $h$  до 150 м представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Расчетные формулы

Рассчитываемый размер	Тип защиты	
	А	Б
$h_o$	$0,85 \cdot h$	$0,92 \cdot h$
$r_o$	$(1,1 - 0,002h) \cdot h$	$1,5 \cdot h$
$r_x$	$(1,1 - 0,002h) \cdot (h - h_x/0,85)$	$1,5 (h - h_x/0,92)$

При заданных габаритах защищаемого объекта  $h_x$  и  $r_x$  высоту стержневого молниеприемника для зоны защиты типа А определяется по формуле:

$$h = \frac{r_x + 1,63h_x}{1,4}, \quad (5.2)$$

При заданных габаритах защищаемого объекта  $h_x$  и  $r_x$  высоту стержневого молниеприемника для зоны защиты типа Б определяется по формуле:

$$h = \frac{r_x + 1,63h_x}{1,5}, \quad (5.3)$$

Если один стержневой молниеприемник не обеспечивает гарантированной защиты, то устанавливаются два молниеприемника, соединенных между собой тросом. При расстоянии между молниеприемниками  $L_m \leq h$  размеры зоны защиты определяют также, как и для одиночных стержневых молниеприемника.

Для защиты двух или нескольких зданий, расположенных в непосредственной близости одно от другого, применяют антенные и сетчатые молниеприемники.

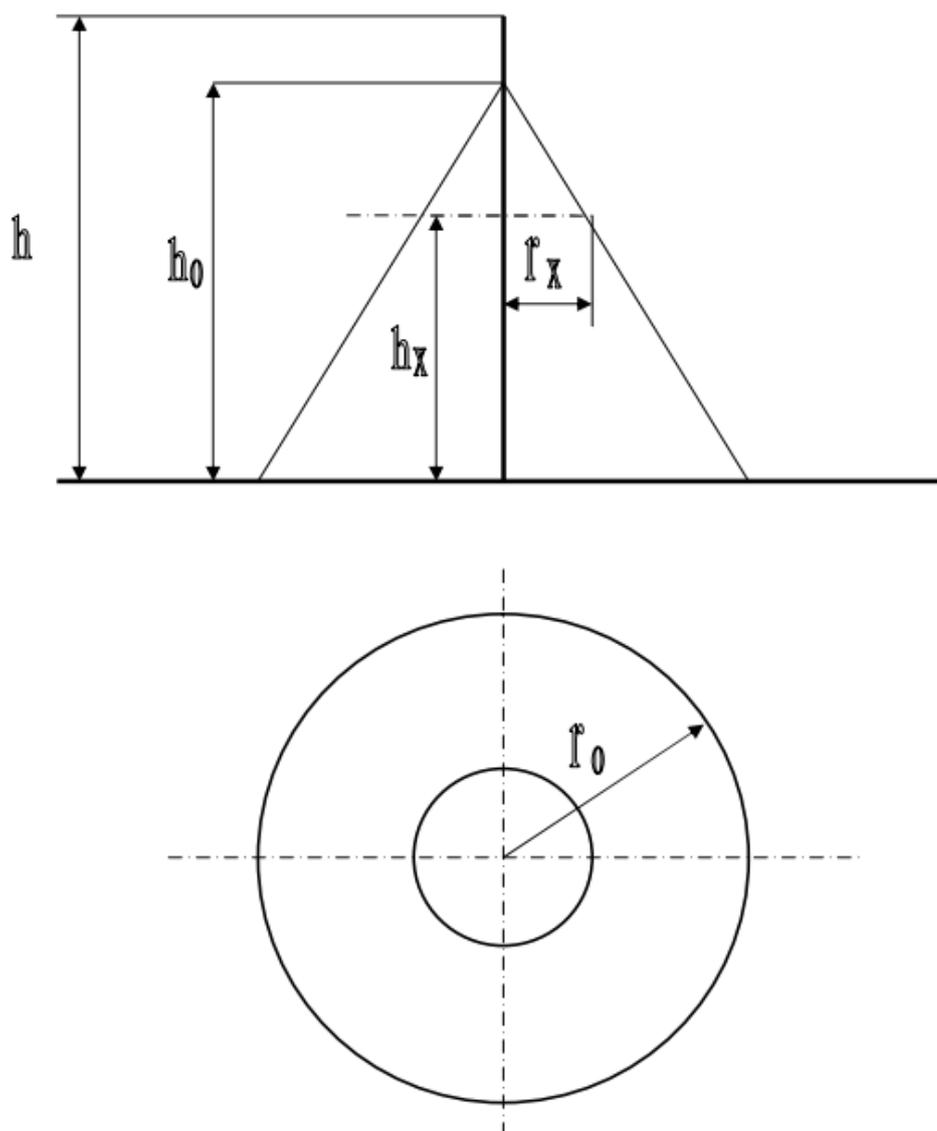


Рисунок 5.2 - Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

### 5.3 Примеры расчета молниезащиты одиночного стержневого молниеотвода

Высота здания –  $h_{зд} = 50$  м; ширина здания –  $S = 45$  м; длина здания –  $L = 45$  м.

**Решение.** Здание относится к III категории опасности поражения молнией и устройств молниезащиты.

Ожидаемое количество  $N$  поражений молнией в год здания, не оборудованного молниезащитой, определяем по формуле:

$$N = S + 6h_{зд} L + 6h_{зд} - 7,7h_{зд}^2 n \cdot 10^{-6}, \quad (5.4)$$

где  $S$  – ширина здания, м;

$L$  – длина здания, м;

$h_{зд}$  – высота здания, м;

$n = 4$  – среднее число ударов молнии в месте расположения здания.

$$N = 45 + 6 \cdot 50 \cdot 45 + 6 \cdot 50 - 7,7 \cdot 50^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 0,4. \quad (5.5)$$

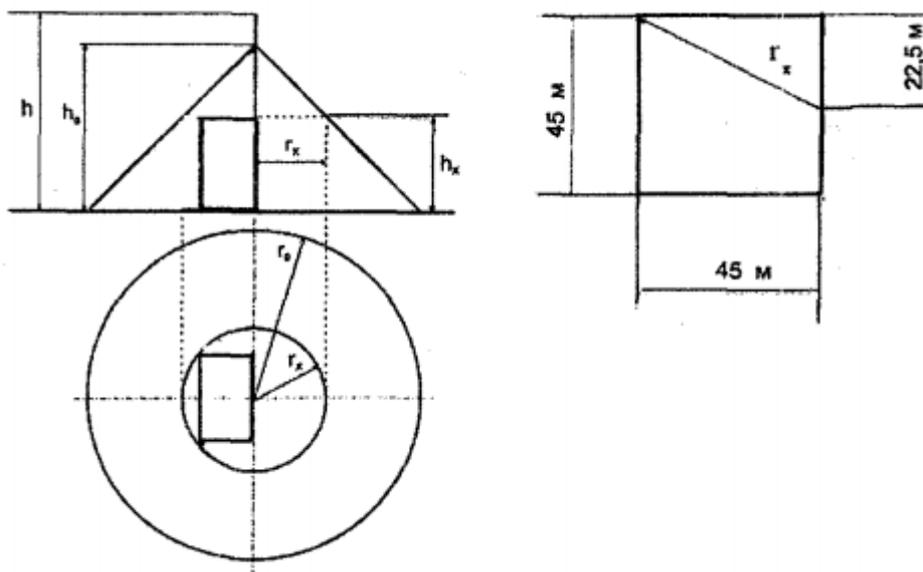


Рисунок 5.3 - Схема для расчета молниезащиты

Принимаем зону защиты Б.

Радиус зоны защиты по высоте здания (рисунок 5.3):

$$r_x = \sqrt{45^2 + 22,5^2} = 50,31 \text{ м.}$$

Для зоны защиты типа Б:

$$h_o = 0,92h,$$

$$r_o = 1,5/h,$$

$$h_x = 50 \text{ м,}$$

$$r_x = 50,3 \text{ м.}$$

При известных значениях  $h_x$  и  $r_x$  согласно определяем высоту молниеотвода по формуле:

$$h = (r_x + 1,63h_x) / 1,5 \quad (5.6)$$

$$h = (50,3 + 1,63 \cdot 50) / 1,5 = 87,9 \text{ м.}$$

$$r_o = 1,5 \cdot 87,9 = 131,9 \text{ м;}$$

$$h_o = 0,92 \cdot 87,9 = 80,9 \text{ м.}$$

**Вывод.** Рассчитанная зона молниезащиты здания полностью соответствуют требованиям защиты объекта.

### 5.3.1 Двойной стержневой молниеотвод

Зона защиты двойного стержневого молниеотвода высотой  $h \leq 150$  м представлена на рисунке 5.4. Торцевые области зоны защиты определяются как зоны одиночных стержневых молниеотводов, габаритные размеры которых  $h_o$ ,  $r_o$ ,  $r_{x1}$ ,  $r_{x2}$  определяются по формулам для обоих типов зон защиты.

Внутренние области зон защиты двойного стержневого молниеотвода имеют следующие габаритные размеры:

Зона А:

при  $L \leq h$

$$h_c = h_o; r_{cx} = r_x; r_c = r_o;$$

при  $h < L \leq 2h$

$$h_c = h_o - 0,17 + 3 \cdot 10^{-4} h L - h ; \quad (5.7)$$

$$r_c = r_o; \quad (5.8)$$

$$r_{cx} = r_o h_c - h_x / h_c. \quad (5.9)$$

При  $2h < L \leq 4h$

$$h_c = h_o - 0,17 + 3 \cdot 10^{-4} h L - h ; \quad (5.10)$$

$$r_c = r_o 1 - 0,2 L - 2h / h ; \quad (5.11)$$

$$r_{cx} = r_c h_c - h_x / h_c. \quad (5.12)$$

При расстоянии между стержневыми молниеотводами  $L > 4h$  для построения зоны А молниеотводы следует рассматривать как одиночные.

Зона Б:

при  $L \leq h$

$$h_c = h_o; r_{cx} = r_x; r_c = r_o;$$

при  $h < L \leq 6h$

$$h_c = h_o - 0,14 L - h ; \quad (5.13)$$

$$r_c = r_o; \quad (5.14)$$

$$r_{cx} = \frac{r_0 h_c - h_x}{h_c}. \quad (5.15)$$

При расстоянии между стержневыми молниеотводами  $L > 6h$  для построения зоны Б молниеотводы следует рассматривать как одиночные.

При известных значениях  $h_c$  и  $L$  (при  $r_{cx} = 0$ ) высота молниеотвода для зоны Б определяется по формуле

$$h = (h_c + 0,14L)/1,06. \quad (5.16)$$

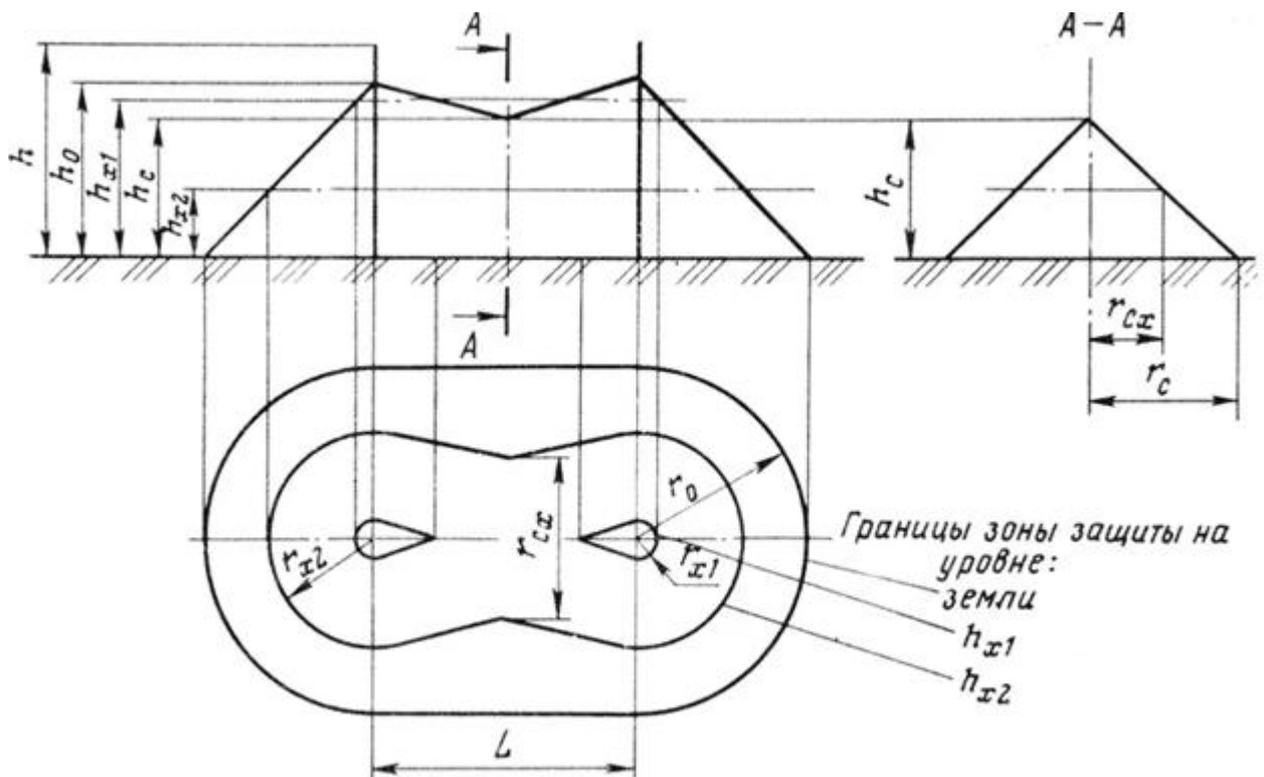


Рисунок 5.4 - Зона защиты двойного стержневого молниеотвода

Зона защиты двух стержневых молниеотводов разной высоты  $h_1$  и  $h_2 < 150$  м приведена на рисунке 5.5.

Габаритные размеры торцевых областей зон защиты  $h_{01}$ ,  $h_{02}$ ,  $r_{01}$ ,  $r_{02}$ ,  $r_{x1}$ ,  $r_{x2}$  определяются, как для зон защиты обоих типов одиночного стержневого молниеотвода. Габаритные размеры внутренней области зоны защиты

определяются по формулам:

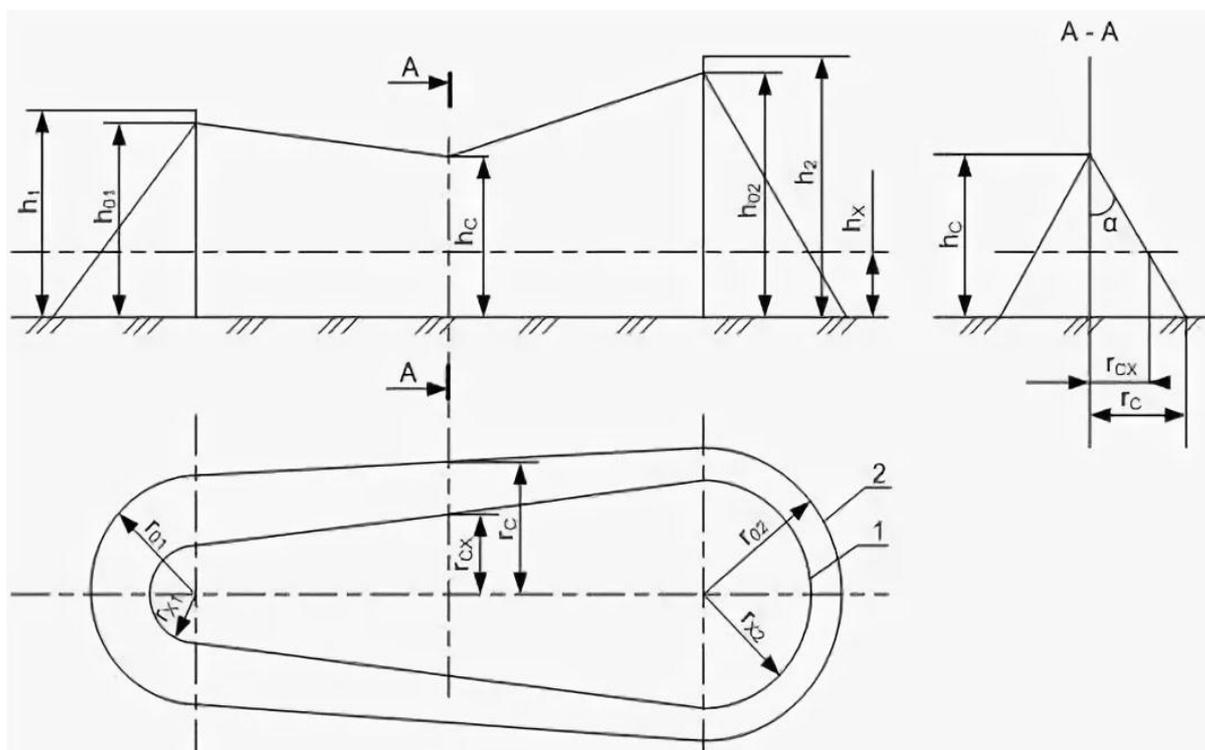
$$r_c = (r_{01} + r_{02})/2; \quad (5.17)$$

$$h_c = (h_{c1} + h_{c2})/2; \quad (5.18)$$

$$r_{cx} = r_c \{h_c + h_x\}/h_c, \quad (5.19)$$

где значения  $h_{c1}$  и  $h_{c2}$  вычисляются по формулам для  $h_c$ .

Для двух молниеотводов разной высоты построение зоны А двойного стержневого молниеотвода выполняется при  $L \leq 4h_{min}$ , а зоны Б – при  $L \leq 6h_{min}$ . При соответствующих больших расстояниях между молниеотводами они рассматриваются как одиночные.



1 – граница зоны защиты на уровне  $h_x$ ; 2 – то же, но на уровне земли

Рисунок 5.5 - Зона защиты стержневых молниеотводов разной высоты

### 5.3.2 Одиночный тросовый молниеотвод

Зона защиты одиночного молниеотвода высотой  $h \leq 150$  м приведена на

рисунке 5.6, где  $h$  – высота троса в середине пролета. С учетом стрелы провеса троса сечением 35 - 50 мм<sup>2</sup> при известной высоте опор  $h_{on}$  и длине пролета  $a$  высота троса (в метрах) определяется:

$$h = h_{on} - 2, \text{ при } a < 120 \text{ м;} \quad (5.20)$$

$$h = h_{on} - 3, \text{ при } 120 < a < 150 \text{ м.} \quad (5.21)$$

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода имеют следующие габаритные размеры:

Зона А:

$$h_o = 0,85h; \quad (5.22)$$

$$r_o = 1,35 - 0,0025h \text{ м;} \quad (5.23)$$

$$r_x = 1,35 - 0,0025h \text{ м} - h_x/0,85 . \quad (5.24)$$

Зона Б:

$$h_o = 0,92h; \quad (5.25)$$

$$r_o = 1,7h; \quad (5.26)$$

$$r_x = 1,7 \text{ м} - h_x/0,92 . \quad (5.27)$$

Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных значениях  $h_x$  и  $r_x$  определяется по формуле:

$$h = (r_x + 1,85 h_x) / 1,7 \quad (5.28)$$

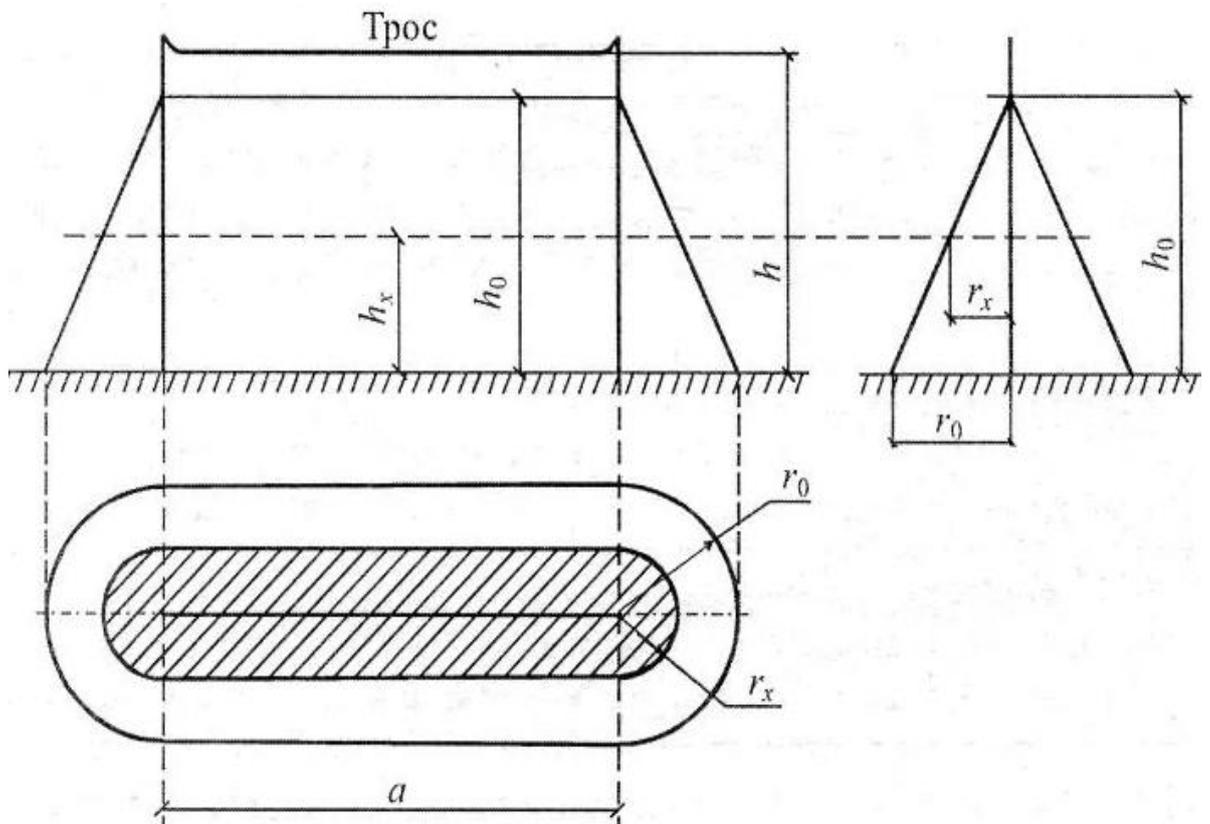


Рисунок 5.6 - Зона защиты одиночного тросового молниеотвода

### Контрольные вопросы

1. Что такое молниезащита зданий и сооружений?
2. Объясните устройство и основные элементы молниезащиты?
3. Как классифицируются здания и сооружения по устройству молниезащиты и необходимости ее выполнения?
4. Какова методика расчета одиночного стержневого молниеотвода?
5. Какова методика расчета двойного стержневого молниеотвода?
6. Какова методика расчета одиночного тросового молниеотвода?

Таблица 5.4- Индивидуальные задания для расчета молниезащиты здания

Варианты	Параметры защищаемого здания, м		
	Длина	Ширина	Высота
1	2	3	4
1	10	60	15
2	15	55	14
3	20	52	20
4	25	50	22
5	30	45	30
6	35	40	27
7	40	35	25
8	45	30	33
9	50	25	37
10	55	20	42
11	60	15	45
12	65	12	48
13	60	10	25
14	55	15	33
15	52	20	37
16	50	25	42
17	45	30	45
18	40	35	48
19	35	40	15
20	30	45	14
21	25	50	20
22	20	55	22
23	15	60	30
24	12	65	27
25	48	67	45

## **6 Вентиляция**

### **6.1 Общие положения**

Воздухообмен – частичная или полная замена загрязненного воздуха в помещении свежим (чистым) наружным воздухом.

Устройство для удаления из помещений избытков теплоты, влаги, пыли, вредных паров и газов с целью создания микроклимата в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 образуют систему вентиляции, которая обеспечивает требуемый воздухообмен. По способу воздухообмена вентиляция подразделяется на общеобменную и местную.

Общеобменная вентиляция характеризуется тем, что воздухообмен осуществляется одновременно во всем помещении.

При расчете общеобменной вентиляции в производственных помещениях, где не выделяются вредные вещества в процессе работы, необходимо учитывать следующее: в помещениях, с объемом на одного работающего менее 20 м<sup>3</sup> подача чистого воздуха должна составить не менее 30 м<sup>3</sup>/ч в расчете на каждого работающего, а с объемом более 20 м<sup>3</sup> – не менее 20 м<sup>3</sup>/ч; в помещениях с объемом более 40 м<sup>3</sup> на каждого работающего и при отсутствии выделяющихся вредностей допускается только естественная вентиляция, осуществляемая через открытые форточки, окна и фонари; в случае вытяжной вентиляции и неорганизованного притока воздуха взамен удаляемого нужно предусмотреть, чтобы температура его в помещении не уменьшалась ниже допускаемой по санитарными нормам.

Местная вентиляция удаляет воздух непосредственно в местах образования вредностей. Ее необходимо устраивать в тех производственных помещениях, где выделяется большое количество вредных веществ, с целью, например, отсоса абразивной пыли от заточных станков, газов и пыли, от сварочных установок, гальвановании и др.

Естественная вентиляция широко применяется в современном производстве. Она осуществляется через вытяжные трубы, проходящие через

потолочное перекрытие и крышу. Этот вид вентиляции применяют в животноводческих помещениях, на складах и др.

Аэрация – один из способов естественной вентиляции. При этом вместо труб используют верхние световые фонари здания, в которых делают открывающиеся фрамуги. Аэрацию применяют в зданиях большого объема. Происходит оно за счет ветрового напора, разности плотностей воздушных масс с различными температурами (тепловой напор) и в силу совместного влияния ветрового и теплового напоров.

Обычно аэрация осуществляется через приточные окна, располагающиеся в стенах зданий в несколько рядов. Кроме того, естественная вентиляция происходит через вытяжные каналы, форточки, шахты. Преимущество такой вентиляции – отсутствие дополнительных устройств (вентиляторов, двигателей) и энергии для их привода, чем обеспечена ее простота и дешевизна. Недостаток – зависимость от силы направления ветра, температуры окружающего воздуха, а также необходимость подачи в помещение неочищенного воздуха.

Для расчета и проектирования вентиляции требуется знать воздухообмен, который зависит от концентрации паров и пыли, а также от степени их вредности. При определении воздухообмена учитывают климатическую зону, время года, наличие в воздушной среде избытка теплоты, влаги, пылей, газов и др.

Если одновременно выделяется несколько вредных веществ разнонаправленного действия, то расчет воздухообмена ведут для каждого из них и в итоге принимают наибольшее значение воздухообмена.

Если выделяется одновременно несколько вредных веществ однонаправленного действия, общеобменную вентиляцию рассчитывают суммированием объемов воздуха, необходимого для разбавления каждого вещества в отдельности до концентраций, допустимых ГОСТ 12.1.005-88.

Необходимый воздухообмен ( $m^3/ч$ ) с учетом удаления выделяющихся в помещении вредных веществ:

$$W_{\text{вр}} = m_{\text{в}}/m_{\text{д}} - m_{\text{н}}, \quad (6.1)$$

где  $m_{\text{в}}$  – количество выделяющихся в помещении вредных веществ, мг/ч;  
 $m_{\text{д}}$  – допустимое содержание вредных веществ в воздухе помещения, мг/м<sup>3</sup>;

$m_{\text{н}}$  – содержание вредного вещества в наружном воздухе, поступающем в помещение, мг/м<sup>3</sup>.

Необходимый воздухообмен (м<sup>3</sup>/ч) для поддержания в помещении нормальной температуры воздуха рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{Т}} = Q_{\text{нз}} / (C_{\text{рт}}(t_{\text{в.в}} - t_{\text{в.н}})p_{\text{в.н}}), \quad (6.2)$$

где  $Q_{\text{нз}}$  – избыточное количество теплоты поступающ.в помещение, кДж/ч;

$C_{\text{рт}}$  – средняя удельная массовая теплоемкость воздуха, кДж/(кг С<sup>0</sup>);

$t_{\text{в.в}}$  – нормируемая температура воздуха в помещении, С<sup>0</sup>;

$t_{\text{в.н}}$  – расчетная температура наружного воздуха, поступающего в помещение, С<sup>0</sup>;

$p_{\text{в.н}}$  – плотность наружного воздуха, кг/м.

Необходимый воздухообмен (м<sup>3</sup> /ч) для снижения в помещении влажности рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{вл}} = \sum n_i g_i - W_n / (g_{\text{и.и}} - g_{\text{в.н}}), \quad (6.3)$$

где  $n_i$  - число источников образования водяных паров;

$g_i$  – количество водяных паров, выделяемых каждым источником, г/ч ;

$W_n$  – количество влаги, испаряемой с поверхности помещения (пол, стены, потолок) и имеющегося в нем оборудования, % к общему количеству выделяемой влаги;

$g_{\text{и.и}}$  – допустимое содержание паров в воздухе помещения, г/м<sup>3</sup>;

$g_{\text{в.н}}$  – содержание паров в воздухе, засасываемом в помещении вентилятором, г/м<sup>3</sup>.

По характеру действия различают естественную вентиляцию

Организованную (если она имеет устройства регулирования направления воздушных потоков и воздухообмена) и неорганизованную (воздух подается и удаляется из помещений за счет инфильтрации через неплотности и поры наружных ограждений). Приточный воздух при естественной вентиляции в тепловой период года в соответствии со СНиП 2.04.05-86 подается не менее 0,3 м и не более 1,8 м, а в холодное время года – на высоте не менее 4 м от уровня пола.

Перепад давлений (Па), обеспечивающий движение воздуха за счет теплового напора (благодаря разности плотностей холодного наружного воздуха  $\rho_{в.н}$  и теплового внутреннего  $\rho_{в.в}$ , определяют так:

$$H_T = 9,8h_n(\rho_{в.н} - \rho_{в.в}), \quad (6.4)$$

где  $h_n$  – расстояние между серединами приточных и вытяжных проемов.

Плотность воздуха находят по таблицам или рассчитывают по формуле в зависимости от температуры:

$$\rho_{в.н} = 353/(273 + t_{в.в}), \quad (6.5)$$

$$\rho_{н.в} = 353/(273 + t_{в.н}), \quad (6.6)$$

где  $t_{в.в}$ ,  $t_{в.н}$  – температура воздуха соответственно внутри и снаружи помещения.

Скорость (м/с) воздуха в проеме:

$$V = 1,42 \varphi_c \sqrt{H_T/\rho_{в.н}}, \quad (6.7)$$

$\varphi_c \approx 0,5$  – коэффициент, учитывающий сопротивление воздуха в проеме.

Суммарная площадь входных проемов и число вытяжных устройств определяется соответственно по формуле:

$$S_{пр} = W/(3600v), n_{и} = S_{пр}/f_0, \quad (6.8)$$

где  $W$  – необходимый воздухообмен ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ),

$f_0$  - площадь сечения вытяжного проема,  $\text{м}^2$ .

Использование ветрового напора для аэрации основано на том, что повышение давления воздуха на наветренной стороне и понижение на подветренной создают ветровой напор (Па), равный:

$$H_B = \pm \psi_B v_{и}^2 \rho_{в.н}, \quad (6.9)$$

где  $\psi_B$  – экспериментальный коэффициент (зависит от конструкции здания, направления ветра и расположения проемов),

$v_{и}$  – скорость ветра,  $\text{м}/\text{с}$ .

Знак «+» означает давление, а знак «-» - разрежение.

Площадь ( $\text{м}^2$ ) сечения аэрационных отверстий при ветровом напоре находят по формуле:

$$S_0 = W / (3600 \tau V_B), \quad (6.10)$$

где  $\tau$  – коэффициент расхода, определяемый условиями истечения.

Для усиления тяги в верхней части вентиляционных каналов устанавливают дефлекторы.

Механическая вентиляция применяется там, где естественная вентиляция не обеспечивает требуемую чистоту воздуха. При этом движение воздуха происходит под напором вентиляторов или создается эжектором. Такая система вентиляции содержит воздухозаборное устройство, устанавливаемое снаружи здания, где имеется возможность забора чистого воздуха. Воздуховоды системы выполняют металлическими, бетонными, шлакобетонами, кирпичными и др. В фильтрах очищают воздух, подаваемый в помещение или удаляет его через приточные (вытяжные) насадки. Фильтры, калориферы, вентиляторы устанавливают в вентиляционной камере.

Среди механических систем вентиляции различают вытяжные, приточные

и приточно-вытяжные.

Вытяжная вентиляция устраивается там, где необходимо активно удалять загрязненный воздух. Приточная вентиляция применяется для компенсации воздуха, удаленного из помещения вытяжной вентиляцией, создания подпора воздуха в помещении.

Приточно-вытяжная вентиляция применяется в помещениях с интенсивным выделением вредных веществ.

## 6.2 Методика расчета общеобменной механической вентиляции

Расчет искусственной вентиляции ведут следующим образом:

- зная воздухообмен  $W$ , находят производительность вентилятора:

$$W_B = K_3 W, \quad (6.11)$$

где  $K_3=1,3-2,0$  – коэффициент запаса.

Потери напора (Па) на прямых участках труб  $l_T$ (м) находят по следующей формуле:

$$H_{пл} = \psi_T l_T \rho_v v_{cp}^2 / 2d_T, \quad (6.12)$$

где  $\psi_T=0,02$  (для металлических труб) – коэффициент, учитывающий сопротивление труб;

$v_{cp}$  – средняя скорость воздуха на рассчитываемом участке сети (для прилегающих к вентилятору участков  $v_{cp}=8-12$  м/с), м/с;

$d_T$  – принятый диаметр труб на участке, м.

Местные потери напора (Па) в переходах, местах изгиба, жалюзи определяются следующим образом:

$$H_M = 0,5\psi_M v_{cp}^2 \rho_v, \quad (6.13)$$

$\psi_M$  – коэффициент местных потерь напора.

Суммарные потери напора (Па) соответственно на участке и в целом на линии находят по формуле:

$$N_{\text{уч}} - N_{\text{пп}} + N_{\text{м}} \text{ и } N_{\text{л}} = \sum N_{\text{уч}} = N_{\text{в}}, \quad (6.14)$$

где  $N_{\text{в}}$  – напор вентилятора, Па.

Зная величину максимальных потерь напора, по номограммам выбирают номер вентилятора, коэффициент полезного действия и безразмерное число  $A$ , после чего устанавливают частоту вращения.

Следует иметь в виду, что производительность вентилятора прямо пропорциональна частоте вращения, полное давление ее квадрату.

Мощность (кВт) электродвигателя для привода вентилятора вычисляют по формуле:

$$P_{\text{дв}} = N_{\text{в}} W_{\text{и}} / (3600 \times 1000 \eta_{\text{в}} \eta_{\text{п}}), \quad (6.15)$$

где  $\eta_{\text{п}} = 0,90-0,95$  – КПД передачи.

### 6.3 Примеры расчета вентиляционных систем

**Пример 1.** Определить необходимый воздухообмен и площади вентиляционных фрамуг для аэрации производственного помещения (удаления избыточного тепла).

Исходные данные:

- теплоизбытки в помещении  $Q_{\text{теп}} = 40\,000$  кДж/ч;
- расстояния между центрами приточных и вытяжных фрамуг  $H = 4$  м;
- температура наружного воздуха  $t_{\text{н}} = 20,3$  °С;
- температура уходящего воздуха  $t_{\text{ух}} = 31$  °С;
- угол открытия створок фрамуг  $\alpha = 30$  град.

**Решение:**

- 1) Расчетная схема аэрации помещения приведена на рисунке 6.1.

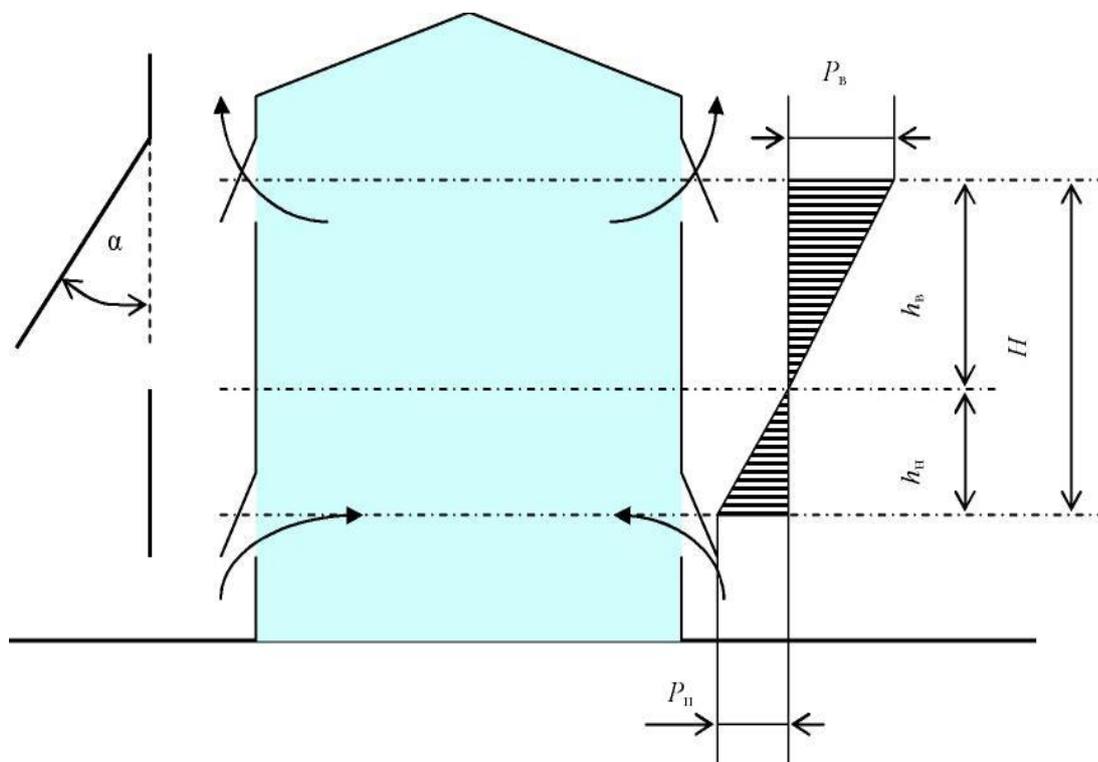


Рисунок 6.1 - Схема аэрации производственного помещения

2) Во избежание опрокидывания естественного воздухообмена при ветровой нагрузке площадь приточных фрагм должно быть больше вытяжных примерно на 25 %, поэтому соотношение площадей фрагм приточных ( $f_{п}$ ) и вытяжных ( $f_{в}$ ) принимаем равным 1,25.

3) Необходимый воздухообмен  $L_{теп}$ , м<sup>3</sup>/ч, в производственном помещении:

$$L_{теп} = \frac{Q_{теп}}{\rho c t_{ух} - t_{пр}}, \quad (6.16)$$

где  $Q_{теп}$  - выделение избыточного тепла в помещении, кДж/ч (дано по заданию);

$\rho$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>, которая зависит от температуры и может быть определена из выражения,  $\rho = 353/(273 + t)$ ;

$c$  - удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг-град), принимается 1,005;

$t_{ух}$ ,  $t_{пр}$  - соответственно температура удаляемого (уходящего) и

приточного воздуха, °С, для условий задачи принимается  $t_{пр} = t_H$ .

Определяем плотность воздуха приточного воздуха:

$$\rho_H = 353 / (273 + 20,3) = 1,205 \text{ кг/м}^3,$$

Тогда

$$L_{теп} = \frac{40000}{1,205 \cdot 1,005 \cdot 31 - 20,3} = 3002,7 \approx 3003 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

4) Коэффициент расхода при угле открытия створок фрамуг  $\alpha = 30^\circ$ :

$$\mu = 0,63 \sin \alpha = 0,63 \sin 30^\circ = 0,315. \quad (6.17)$$

5) Определим расстояния от нейтральной зоны до центров вытяжных и приточных фрамуг:

$$h_B = \frac{H}{\frac{f_B}{f_{\Pi}} \frac{\rho_{yx}}{\rho_H} + 1}, \quad (6.18)$$

$$h_{\Pi} = \frac{H}{\frac{f_{\Pi}}{f_B} \frac{\rho_H}{\rho_{yx}} + 1}, \quad (6.19)$$

где  $H$  - расстояние между центрами приточных и вытяжных проемов, м;  
 $f_B, f_{\Pi}$  - соответственно площади вытяжных и приточных отверстий, м<sup>2</sup>;  
 $\rho_{yx}, \rho_H$  - плотности воздуха соответственно удаляемого (уходящего) и наружного, кг/м<sup>3</sup>.

Предварительно находим плотность удаляемого воздуха:

$$\rho_B = \rho_{yx} = 353 / (273 + 31) = 1,161 \text{ кг/м}^3,$$

тогда расстояние от нейтральной зоны до центра вытяжных проемов:

$$h_B = \frac{4}{\frac{1}{1,25} \cdot \frac{1,161}{1,205} + 1} = 2,47 \approx 2,5 \text{ м.}$$

Расстояние от нейтральной зоны до центра приточных проемов составит:

$$h_{\Pi} = H - h_B = 4 - 2,5 = 1,5 \text{ м.}$$

б) Тепловые напоры, Па, в плоскости приточных и вытяжных фрамуг:

$$P_{\Pi} = h_{\Pi} g (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{ух}}), \quad (6.20)$$

$$P_B = h_B g (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{ух}}), \quad (6.21)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

Подставив значения, получим:

$$P_{\Pi} = 1,5 \cdot 9,81 \cdot (1,205 - 1,161) = 0,65 \text{ Па};$$

$$P_B = 2,5 \cdot 9,81 \cdot (1,205 - 1,161) = 1,08 \text{ Па.}$$

Тепловые напоры в приточных и вытяжных отверстиях равны динамическим давлениям, за счет которых воздух поступает в помещение и удаляется из него:

$$P_{\Pi} = P_{\text{д}}^{\Pi} = \frac{\rho_{\text{н}} u_{\Pi}^2}{2}, \quad (6.22)$$

$$P_B = P_D^B = \frac{\rho_H u_B^2}{2}, \quad (6.23)$$

где  $u_{\Pi}$  ,  $u_B$  - соответственно скорости движения воздуха в области приточных и вытяжных фрамуг, м/с.

Преобразовав формулы, находим значения скоростей воздуха в приточных и вытяжных отверстиях:

$$u_{\Pi} = \frac{\overline{2P_{\Pi}}}{\rho_H} = \frac{\overline{2 \cdot 0,65}}{1,205} = 1,04 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$u_B = \frac{\overline{2P_B}}{\rho_{yx}} = \frac{\overline{2 \cdot 1,08}}{1,161} = 1,36 \text{ м/с}.$$

Количество воздуха (воздухообмен), м<sup>3</sup>/ч, поступающее в помещение или удаляемое из него:

$$L_i = 3600 \mu_i f_i V_i. \quad (6.24)$$

Преобразовав формулу расчета  $L_i$ , рассчитываем площади приточных и вытяжных отверстий:

$$f_{\Pi} = \frac{L_{\text{теп}}}{3600 \mu u_{\Pi}} = \frac{3003}{3600 \cdot 0,315 \cdot 1,04} = 2,55 \text{ м}^2,$$

$$f_B = \frac{3003}{3600 \cdot 0,315 \cdot 1,36} = 1,95 \text{ м}^2.$$

7) Расчеты показывают, что для удаления теплоизбытков из помещения в

количестве 40 000 кДж/ч воздухообмен должен быть 3003 м<sup>3</sup>/ч, при этом площадь приточных фрамуг составит 2,55 м<sup>2</sup>, а площадь вытяжных - 1,95 м<sup>2</sup>.

Таблица 6.2 - Индивидуальные задания к расчету аэрации производственного здания

Исходные данные	Варианты											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Количество человек в производственном помещении N, чел	200	150	220	180	160	200	120	130	140	150	170	100
Среднее количество тепла, выделяемое организмом человека q <sub>чел</sub> , Дж/с	120	115	110	105	105	110	115	120	115	110	115	115
Температура воздуха, °С: - внутри здания t <sub>в</sub> - наружного t <sub>н</sub> - уходящего t <sub>ух</sub>	20 16 25	22 15 26	23 14 27	20 19 24	24 15 27	24 15 29	22 12 27	23 11 28	24 19 29	27 15 30	21 19 24	25 15 27
Расстояния между центрами вентиляционных проемов H, м	4,5	4,25	4	3,75	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	3,75	3,5
Угол открытия створок фрамуг α, град	90	60	45	30	45	60	90	60	45	30	30	45
Исходные данные	Варианты											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Количество человек в производственном помещении N, чел	300	250	320	280	260	100	220	230	240	50	80	60
Среднее количество тепла, выделяемое организмом человека q <sub>чел</sub> , Дж/с	140	145	130	125	115	120	125	130	135	140	125	115
Температура воздуха, °С: - внутри здания t <sub>в</sub> - наружного t <sub>н</sub> - уходящего t <sub>ух</sub>	26 17 29	20 14 26	20 18 27	21 15 24	25 16 27	23 14 27	20 13 26	19 11 25	20 16 28	27 15 30	22 15 24	23 16 27
Расстояния между центрами вентиляционных проемов H, м	4,5	4,25	4	3,75	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	3,75	3,5
Угол открытия створок фрамуг α, град	80	70	55	60	55	60	80	70	65	50	40	45

**Пример 2.** Произвести расчет механической приточно-вытяжной вентиляции в цехе, используя вышеуказанную методику.

Исходные данные:

- количество выделяющихся в помещении вредных веществ  $m_v = 350$  мг/ч;
- допустимое содержание вредных веществ в воздухе помещения  $m_d = 0,5$  мг/м<sup>3</sup>;
- содержание вредного вещества в наружном воздухе, поступающем в помещение  $m_n = 0,4$  мг/м<sup>3</sup>.

Необходимый воздухообмен помещения цеха:

$$W_{\text{ГП}} = \frac{m_v}{m_d - m_n} = 350 \cdot 0,5 - 0,4 = 3500 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}. \quad (6.25)$$

Производительность вентилятора:

$$W_v = K_3 W_{\text{ГП}} = 3500 \cdot 3 = 11500 \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (6.26)$$

где  $K_3=1,3 \dots 3,0$  – коэффициент запаса.

Рассчитываем потери напора воздуха на прямых участках труб:

$$H_{\text{ПП}} = \psi_T l_T \rho_v v_{\text{ср}}^2 / 2d_T = 0,02 \cdot 120 \cdot 2,92 \cdot 12^2 / 2 \cdot 0,8 = 632 \text{ Па} \quad (6.27)$$

Рассчитываем местные потери напора в переходах, коленах, жалюзи и другие:

$$H_M = 0,5 \psi_M v_{\text{ср}}^2 \rho_v = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 12^2 \cdot 2,92 = 105 \text{ Па}. \quad (6.28)$$

Определяем суммарные потери напора в целом на линии:

$$H_{\text{л}} = H_{\text{ПП}} + H_M = 632 + 105 = 737 \text{ Па}. \quad (6.29)$$

Зная величину максимальных потерь по номограмме выбираем номер

вентилятора, коэффициент полезного действия и безразмерное число А. При этом стремимся обеспечить необходимый воздухообмен с помощью вентилятора с наибольшим коэффициентом полезного действия. Вентилятор №9, А=8000, к.п.д = 0,79.

Найдя величины А и N, вычисляем количество оборотов вентилятора:

$$n_0 = 8000/9 = 888 \text{ об/мин.}$$

Таблица 6.1 - Технические характеристики вентиляторов

Обозначение вентилятора	Установочная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Производительность, м <sup>3</sup> /с	Полное давление, Па	Тип электродвигателя
1	2	3	4	5	6
ВР 80-70-2,5 1 схема исп.	0,12	1380	0,15-0,30	165-85	56А-71А
	0,18	1370	0,15-0,30	160-80	
	0,25	1380	0,15-0,30	165-85	
	0,37	2751	0,30-0,55	650-330	
	0,55	2745	0,30-0,55	650-330	
	0,75	2823	0,30-0,60	685-350	
ВР 80-70-3,15 1 схема исп.	0,25	1380	0,30-0,60	285-145	56В-90L
	0,37	1365	0,30-0,55	275-140	
	1,1	2811	0,55-0,70	1140-1175	
	1,5	2874	0,65-1,20	1225-625	
	2,2	2871	0,65-1,20	1225-625	
	3,0	2871	0,65-1,20	1225-625	
ВР 80-70-4 1 схема исп.	0,18	885	0,40-0,75	200-100	63А-100S 100L-112M
	0,25	892	0,40-0,75	205-105	
	0,37	908	0,40-0,80	215-110	
	0,37	1365	0,45-0,55	465-470	
	0,55	1391	0,60-1,20	500-255	
	0,75	1388	0,60-1,20	500-255	
	1,1	1419	0,65-1,20	520-265	
	3,0	2871	0,95-1,00	2055-2060	
	4,0	2901	0,95-1,50	2100-2170	
	5,5	2898	1,30-2,50	2100-1070	
	7,5	2925	1,30-2,50	2210-1125	
ВР 80-70-5 1 схема исп.	0,37	908	0,50-0,80	320-330	71А-100S
	0,55	900	0,80-1,50	325-165	
	0,75	916	0,80-1,50	340-170	
	1,1	920	0,80-1,55	340-175	
	1,5	1413	1,00-1,60	780-805	
	2,2	1424	1,25-2,40	820-420	
	3	1434	1,25-2,40	830-425	

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5	6
ВР 80-70-6,3 1 схема исп.	1,1	920	1,2-1,5	525-540	80В-100L 112М-132М
	1,5	936	1,6-3,1	560-285	
	2,2	949	1,7-3,2	575-295	
	3,0	953	1,7-3,2	580-300	
	4,0	1430	1,8-2,3	1265-1300	
	5,5	1445	2,5-4,8	1335-680	
	7,5	1455	2,5-4,9	1355-690	
	11	1458	2,6-4,9	1360-690	
ВР 80-70-8 1 схема исп.	2,2	705	2,5-4,8	515-265	112М-180S
	3,0	707	2,5-4,8	515-265	
	4,0	719	2,6-4,9	535-270	
	4,0	949	2,5-3,0	900-910	
	5,5	967	3,5-6,6	965-490	
	7,5	968	3,5-6,6	965-490	
	11	973	3,5-6,7	975-500	
	15	1466	3,9-5,0	2150-2200	
	18,5	1467	5,3-9,0	2220-1430	
22	1470	5,3-9,0	2230-1430		
ВР 80-70-10 1 схема исп.	5,5	719	3,7-5,0	810-830	132S-200L
	7,5	731	5,1-9,8	860-440	
	11	731	5,1-9,8	860-440	
	15	974	6,0-9,0	1480-1350	
	18,5	973	6,8-13,0	1525-780	
	22	977	6,8-13,1	1540-785	
	30	979	6,8-13,1	1545-790	
ВР 80-70-10 5 схема сип.	4,0-45	600-1000	4,0-13,0	580-1610	132S-200L
ВР 80-70-12,5 1 схема исп.	18,5	733	7,5-10,0	1310-1355	200М- 225М
	22	730	10,0-19,1	1345-685	
	30	737	10,1-19,2	1370-700	
ВР 80-70-12,5 5 схема исп.	5,5-30	500-800	7,0-15,0	630-1610	200М- 225М
ВР 80-70-16 5 схема исп.	11-75	350-700	9,0-30,0	500-1900	200М- 225М

Рассчитываем минимально необходимую мощность электродвигателя для вентилятора:

$$P_{дв} = N_B W_{и} / (3,6 \cdot 10^6 \eta_B \eta_{п}) = 737 \cdot 11500 / (3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 0,79) = 3,96 \text{ кВт.}$$

По таблице 6.1 окончательно подбираем марку вентилятора и электродвигателя.

В соответствии с данными расчетов и сведениями таблицы 6.3, подбираем

вентилятор марки ВР 80-70-8 1 схема исп. с электродвигателем типа 112М-180S, установочной мощностью 5,5 кВт, частотой вращения 967 об/мин., производительностью 3,5-6,6 м<sup>3</sup>/с и полным создаваемым давлением 490-965 Па.

Таблица 6.2 - Индивидуальные задания к расчету общеобменной механической вентиляционной системы

Исходные данные	Варианты																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Количество выделяющихся в помещении вредных веществ $m_b$ , мг/ч	300	340	280	150	180	210	410	195	310	245	360	180	250	280	340	380	350	180	130	145	110	180
Допустимое содержание вредных веществ в воздухе помещения $m_d$ , мг/ч	0,6	0,5	0,7	0,4	0,9	0,7	0,8	0,5	0,6	0,85	0,5	0,6	0,7	0,97	0,4	0,3	0,1	0,5	0,7	0,8	0,5	0,6
Содержание вредного вещества в наружном воздухе, поступающем в помещение $m_n$ , мг/ч	0,3	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,15	0,2	0,4	0,1	0,4	0,2	0,4	0,1	0,2	0,15	0,4	0,1	0,4

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «воздухообмен»?
2. Каковы нормы подачи свежего воздуха в производственное помещение в расчете на одного работающего?
3. Охарактеризуйте общеобменную, местную и естественную вентиляцию?
4. Что такое аэрация производственного помещения? Как

она организуется?

5. Как определяется необходимый воздухообмен с учетом удаления выделяющихся в помещении вредных веществ?

6. Как определяется необходимый воздухообмен с целью поддержания в помещении нормальной температуры воздуха?

7. Как определяется необходимый воздухообмен с целью снижения в помещении повышенной влажности?

8. Какова методика расчета общеобменной механической вентиляции?

## **7 Защита персонала от шума и вибрации**

### **7.1 Общие положения**

#### **7.1.1 Общие сведения о шуме**

Шумом называют произвольные сочетания звуков различной тональности и силы, отрицательно влияющие на здоровье и результаты деятельности человека. Источниками звуков являются, чаще всего, колеблющиеся тела, при движении которых происходит возмущение среды. Эти возмущения в виде волн избыточного давления распространяются в среде и воспринимаются человеком в виде звуков.

Воспринимаются человеком только те волны избыточного давления, которые имеют частоту колебания от 16 до 20000 Гц. Этот диапазон называют звуковым, а соответствующие им волны избыточного давления - волнами звукового давления.

Длительное воздействие шума на организм человека приводит к головной боли, бессоннице, ослаблению внимания, расстройству центральной нервной системы, снижению секреции желудка, к частичной или полной утрате слуха.

При нормировании и измерении шума учитываются как физические характеристики, так и физиологические особенности восприятия и воздействия шума на человека.

Ухо человека способно реагировать на изменения давления в интервале от  $2 \times 10^{-5}$  до  $2 \times 10^2$  Па. Эти величины называются соответственно нижнее и верхнее пороговые давления. Звуковое давление - это разность между мгновенным значением полного давления и средним (атмосферным) давлением. Звуковое давление оценивается не в абсолютных величинах, а в их логарифмических уровнях, которые определяются по формуле

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (7.1)$$

где  $P$  - фактическое звуковое давление от источника звука, Па;

$P_0$  - нижнее пороговое значение звукового давления, Па.

За единицу измерения уровня звукового давления принят бел (Б). На практике применяется более мелкая единица “децибел” (дБ).

Разложение шума на его составляющие тона с определением их величин на отдельных частотах называется спектральным анализом шума и производится шумомерами с помощью набора соответствующих фильтров, которые выделяют только ту часть звуков, которая характеризуется заданным интервалом частот.

Рассчитывать уровни звуковых давлений по формуле нет необходимости, так как измерители шума - шумомеры - проградуированы таким образом, что позволяют отсчитывать результаты замеров непосредственно в децибелах (дБ). Кроме звуковых давлений, шумомеры позволяют измерить уровень звука в дБА. С этой целью усилитель шумомера снабжается специальным частотным фильтром, моделирующим обобщенную частотную характеристику органов слуха человека. На переключателе режимов работ шумомера имеется режим (шкала) “А”, на которой и производят измерение уровня звука. Полученный при этом результат объективного измерения уровня звука весьма близко соответствует субъективному ощущению уровня громкости.

По временным характеристикам шумы подразделяются на постоянные и непостоянные.

Постоянный шум - такой шум, уровень звука которого за 8 часовой рабочий день изменяется по времени не более чем на 5 дБА. Если изменения уровня звука превышает 5 дБА, то шум считают непостоянным.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звуковых давлений в октавных полосах в дБА со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Для ориентировочной оценки допускается за характеристику постоянного шума на рабочем месте принимать уровень звука в дБА, измеренный по шкале «А» шумомера.

С увеличением числа работающих агрегатов или машин в помещении не происходит значительного усиления шума, так как уровни шума, выраженные в децибелах, складывать арифметически нельзя.

Суммарный уровень шума в этом случае определяется по формуле:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg 10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2} + \dots + 10^{0.1L_n} , \quad (7.2)$$

где  $L_1, L_2, L_n$  - слагаемые уровни шума, дБ;

$n$  - количество слагаемых уровней шума.

Таблица 7.1 - Нормативные уровни звукового давления и уровни звука на постоянных рабочих местах

Вид помещения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								Уровни звука дБА
	63	125	250	1000	2000	4000	8000		
	Уровни звукового давления, дБ								
Конструкторские бюро	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Лаборатории для проведения экспериментальных работ	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Учебные кабинеты, читальные залы	63	52	45	39	35	32	30	28	40
Рабочие места и зоны на территории предприятия	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Нормативные уровни звукового давления и уровни звука на постоянных

рабочих местах представлены в таблице 7.1.

В зависимости от длительности и характера шума в нормативные показатели следует вводить поправки, приведенные в таблице 7.2. Полученный уровень шума будет называться допустимым.

Таблица 7.2 - Поправки к нормативным октавным уровням звука и звукового давления

Суммарная длительность воздействия за смену	Характер шума	
	Широкополосный	Тональный или импульсный
4 часа и более	0	- 5
1,5 часа	+ 5	0
0,75 часа	+ 10	+ 5
0,5 часа	+ 15	+ 10
0,25 часа	+ 20	+ 15
5 минут и менее	+ 25	+ 20

Суммарный уровень шума  $L_{\text{сум}}$  от  $n$  одинаковых источников в равноудаленной от них точке рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{сум}} = L_i + 10 \lg n, \quad (7.3)$$

где  $L_i$  - уровень шума одного источника.

Для упрощения шумовых расчетов по вышеприведенной формуле можно пользоваться следующими соотношениями:

Таблица 7.3 - Добавка к уровню в зависимости от числа источников шума

Число источников шума	1	2	3	4	5	6	10	20	30	40	100
Добавка к уровню одного источника $10 \lg n$	0	3	5	6	7	8	10	13	15	16	20

Если работающие агрегата имеют различные уровни шума  $L_1$  и  $L_2$ , то суммарный создаваемый ими шум можно определить с помощью экспериментальной поправки  $\Delta L$ , зависящей от разности  $L_1 - L_2$  дБ.

Тогда:

$$L_{\text{сум}} = L_1 + \Delta L, \text{ дБ} \quad (7.4)$$

Таблица 7.4 - Значения экспериментальной поправки  $\Delta L$

Разность уровней шума, L1 - L2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Поправка $\Delta L$	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

С удалением от источника на расстояние  $r$  шум существенно ослабляется и расчет изменения интенсивности можно вести по эмпирической зависимости:

$$L_r = L_i - 20 \lg r - 8, \text{ дБ} \quad (7.5)$$

где  $L_i$  – уровень интенсивности шума на расстоянии 1 м от источника, дБ;

$L_r$  – уровень интенсивности шума на расстоянии  $r$  м от источника, дБ.

### 7.1.2 Защита от шума

Основная часть звуковых волн многократно отражается от стен, потолка помещения, выполненных из обычных строительных материалов (бетон, кирпич, стеклоблоки и т.д.) В результате этого общий уровень шума в помещении возрастает на 5-15 дБ. Применение специальных звукопоглощающих материалов и устройств при облицовке стен и потолка дает снижение на 6-8 дБ. Наибольший эффект обеспечивают материалы пористые, рыхлые, с ячеистой структурой, с малым удельным весом (минеральная вата, маты из супертонкого стекловолокна, мелкофракционный керамзит и др.). До определенных пределов звукопоглощающие свойства материалов зависят от их толщины, от наличия воздушного промежутка между слоем материала и стеной. На практике толщина звукопоглощающих материалов составляет 20 - 200 мм.

Звукоизолирующие перегородки, отделяющие шумное помещение от зоны пребывания людей, могут ослабить шум в соседних помещениях на 30-40 дБ.

Лучшие звукоизолирующие свойств присущи двухслойным перегородкам с воздушным промежутком или с промежутком, заполненным звукопоглощающим материалом. Звукоизоляция возрастает, если перегородку облицевать звукопоглощающим материалом. Звуковая энергия проникает за перегородку при хорошей герметизации в основном за счет вибрации под действием звуковых волн.

Так как шум порождается чаще всего вибрациями, то звукоизолирующий кожух или перегородки будут выполнять свои функции только в том случае, если будут приняты специальные меры по виброизоляции устанавливаемого кожуха или перегородки.

## **7.2 Общие сведения о вибрации**

Под вибрацией понимается движение точки или механической системы, при которой происходит поочередное возрастание и убывание во времени, по крайней мере, одной координаты.

Причиной возбуждения вибраций являются возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия. В одних случаях их источниками являются возвратно-поступательные движущиеся системы (кривошипно-шатунные механизмы и др.), в других случаях неуравновешенные вращающиеся массы (дисбаланс маховика и др.). Иногда вибрации создаются ударами деталей (зубчатые зацепления, подшипниковые узлы). Величина дисбаланса во всех случаях приводит к появлению неуравновешенных сил, вызывающих вибрацию. Причиной дисбаланса может явиться неоднородность материала вращающегося тела, несовпадение центра массы и оси вращения, деформация деталей от неравномерного нагрева при горячих и холодных посадках и т.п.

Воздействие вибраций на человека чаще всего связано с колебаниями, обусловленными внешним переменным силовым воздействием на машину либо на отдельную ее систему. Возникновение такого рода колебаний может быть

связано не только с силовым, но и с кинематическим возбуждением, например в транспортных средствах при их движении по неровному пути.

Основные параметры вибрации.

Амплитуда виброперемещения  $A$  – наибольшее отклонение (перемещение) системы от положения равновесия, м

Период вибрации  $T$  – время, в течение которого система совершает полное колебательное движение, с.

Частота вибрации – число первых колебаний в секунду, Гц:

$$f = 1/T. \quad (7.6)$$

Скорость вибрации (виброскорость) первая производная перемещения по времени, м/с:

$$V = 2\pi f/A. \quad (7.7)$$

Ускорение вибрации (виброускорение) - первая производная виброскорости по времени, м/с<sup>2</sup>:

$$a = (2\pi f/A)^2. \quad (7.8)$$

Среднегеометрические значения частот, на которых исследуют вибрацию, следующие: 2, 4, 6, 16, 31, 63, 125, 250, 500, 1000.

Учитывая, что абсолютные значения параметров, характеризующих вибрацию, изменяются в широких пределах, на практике пользуются по понятиям уровней параметров.

Уровень виброскорости, дБ:

$$L_V = 20 \lg \frac{V_q}{V_o} \quad (7.9)$$

где  $V_q$  - виброскорость,

$V_o$  - пороговое значение виброскорости, принятое за начало отсчета ( $5 \cdot 10^{-8}$  м/с).

Уровень виброускорения, дБ,

$$L_a = 20 \lg \frac{V_q}{3 \cdot 10^{-4}}, \quad (7.10)$$

где  $a$  - действительное значение виброускорения;

$a_0 = 3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup> - пороговое значение виброускорения.

### 7.2.1 Воздействие вибрации на человека

Различают общую и локальную вибрации. Общая вибрация вызывает сотрясение всего организма, локальная (местная) вовлекает в колебательное движение отдельные части тела. Систематическое воздействие общих вибраций, характеризующихся высоким уровнем виброскорости, может быть причиной вибрационной болезни - стойких нарушений физиологических функций организма, обусловленных преимущественно воздействием вибраций на центральную нервную систему. Эти нарушения проявляются в виде головных болей, головокружений, плохого сна, пониженной работоспособности, плохого самочувствия и нарушений сердечной деятельности.

Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов, которые начинаются с концевых фаланг пальцев и распространяются на всю кисть, предплечье, захватывают сосуды сердца.

Вибробольность относится к группе профзаболеваний. Восстановление нарушенных функций протекает очень медленно, а в особых случаях в организме наступают необратимые изменения, приводящие к инвалидности.

### 7.2.2 Нормирование уровней вибрации

Общая вибрация нормируется с учетом свойств источника ее возникновения и делится на вибрацию:

- транспортную, которая возникает в результате движения машин по местности и дорогам;
- транспортно-технологическую, которая образуется при работе машин, выполняющих технологическую операцию в стационарном положении и (или)

при перемещении по специально подготовленной части производственного помещения промышленной площадки;

- технологическую, которая возникает при работе стационарных машин или передается на рабочие места, не имеющие источников вибраций. Наиболее высокие требования предъявляются при нормировании технологических вибраций в помещениях для умственного труда.

Гигиенические нормы вибрации установлены для длительности рабочей смены 8 часов (таблица 7.5).

Таблица 7.5 - Нормированные параметры вибрации

Виды вибрации	Среднегеометрические частоты Гц								
	1	2	4	8	16	31,5	65	125	250
Транспортная (вертикальная)	20/132	7,1/123	2,5/114	1,3/108	1,1/107	1,1/107	1,1/107	-	-
Транспортная технологическая (вертикальная или горизонтальная)		3,5/117	1,3/108	0,63/102	0,56/101	0,56/101	0,56/101	-	-
Технологическая (вертикальная или горизонтальная) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях		1,3/108	0,45/99	0,22/93	0,2/92	0,2/92	0,2/92	-	-
Местная вибрация (по любой из осей)				5,0/120	5,0/120	3,5/117	2,5/114	1,8/111	1,3/108

Примечание: в числителе – абсолютное значение виброскорости  $10^{-2}$  м/с; в знаменателе – уровень виброскорости, дБ.

### 7.2.3 Меры борьбы с вибрациями

Существуют следующие меры борьбы с вибрациями: уменьшение вибрации в источнике ее возникновения путем изменения конструкции машин

или отдельных механизмов, уменьшение веса движущихся деталей повышения точности чистоты обработки; снижение интенсивности вибрации на путях распространения за счет применения амортизирующих креплений, эластичных муфт, плавающих конструкций виброгасителей; применение средств индивидуальной защиты.

### 7.3 Пример расчета виброизоляции энергетической установки

Произвести расчет пассивной виброизоляции энергетической установки с использованием виброизоляторов из упругого материала. Исходные данные:

- масса энергетической установки  $m_{уст} = 270$  кг;
- масса железобетонной плиты  $m_{пл} = 310$  кг;
- частота вращения рабочего колеса вентилятора  $n = 1500$  об/мин;
- допустимое напряжение в материале виброизолятора  $\sigma = 0,4$  МПа;
- динамический модуль упругости  $E_D = 20$  МПа;
- число виброизоляторов  $N = 6$  шт.

#### Решение:

1) Определяем частоту вынужденных и собственных колебаний. Частота вынужденных колебаний:

$$f_B = \frac{n}{60}, \quad (7.11)$$

где  $n$  - частота вращения, об/мин;

$$f_B = \frac{n}{60} = 25 \text{ Гц.}$$

2) Определяем частоту собственных колебаний установки на амортизаторах

$$f_0 = \frac{5}{X_{cm}}, \quad (7.12)$$

где  $X_{cm}$  - статическая осадка амортизаторов под воздействием веса установки, см,

$$Q_{по} = \frac{h \cdot \sigma}{Ed}, \quad (7.13)$$

где  $h$  - толщина прокладки, см;

$\sigma$  - допустимое напряжение в материале виброизолятора, МПа;

$E_D$  - динамический модуль упругости материала, МПа.

Задавшись значением толщины прокладки  $h = 8$  см, рассчитываем статическую осадку амортизаторов:

$$X_{cm} = \frac{8 \cdot 0,4}{20} = 0,16 \text{ см}$$

Частота собственных колебаний:

$$f_c = \frac{5}{0,16} = 12,5 \approx 13 \text{ Гц.}$$

Необходимая эффективность работы амортизаторов по условию отсутствия резонанса достигается при отношении частоты вынужденных колебаний  $f_B$  к частоте собственных колебаний  $f_c$  ( $f_B / f_c$ ) в диапазоне от 2 до 5. Проверяем условие

$$\frac{f_B}{f_c} = \frac{25}{13} = 1,9.$$

Условие не выполняется, поэтому принимаем значение  $h=0,12$  м и повторяем расчет:

$$Q_{по} = \frac{12 \cdot 0,4}{20} = 0,24 \text{ см;}$$

$$f_c = \frac{5}{0,24} = 10,2 \approx 10 \text{ Гц};$$

$$\frac{f_b}{f_c} = \frac{25}{10} = 2,5.$$

Условие выполняется, поэтому толщина прокладки принимается окончательно 12 см.

3) Определяем площадь всех виброамортизаторов и их размеры под установку.

Суммарная площадь виброамортизаторов:

$$S = P/\sigma, \quad (7.14)$$

где  $P$  - вес установки, МН,

$$P = m_{пл} + m_{уст} g \cdot 10^{-6},$$

где  $g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

Подставив исходные данные, получим:

$$S = (310 + 270) \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} / 0,4 = 0,142 \text{ м}^2.$$

При числе амортизаторов, равном  $N = 6$ , площадь одного:

$$S_i = S/N = 0,142/6 = 0,024 \text{ м}^2.$$

Учитывая, что размеры сторон виброамортизатора не должны превышать его толщину (высоту) в 2-3 раза, принимаем размеры прокладки 0,2·0,12 м при высоте 0,12 м.

4) Определяем коэффициент виброизоляции, %,

$$K = \frac{9 \cdot 10^6}{X_{cm} n^2}. \quad (7.15)$$

Подставив данные, получим:

$$K = 9 \cdot 10^6 / (0,24 \cdot 1500^2) = 16,7 \%$$

5) Согласно расчетам, принята резиновая прокладка со следующими параметрами: длина - 0,2 м, ширина - 0,12 м, высота - 0,12 м, при этом коэффициент виброизоляции составил 16,7 % .

Таблица 7.6 - Индивидуальные задания к расчету виброизоляции энергетической установки

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Масса энергетической установки $m_{уст}$ , кг	180	175	260	255	150	145	140	145	150	255
Масса железобетонной плиты $m_{пл}$ , кг	310	330	350	370	390	310	330	350	370	370
Число оборотов вала электродвигателя $n$ , об/мин	2820	2820	2820	2400	2640	2880	2000	2820	2400	2640
Допустимое напряжение в материале виброизолятора $\sigma$ , МПа	0,45	0,37	0,44	0,32	0,44	0,33	0,41	0,32	0,42	0,35
Динамический модуль упругости $E_D$ , МПа	18,2	19,5	20,4	21,2	22,6	24,5	22,5	21,3	20,4	28,5
Количество амортизаторов	4	6	4	6	6	8	4	8	6	8

Продолжение таблицы 7.6

Исходные данные	Варианты									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Масса энергетической установки $m_{уст}$ , кг	210	275	360	155	350	435	410	145	150	155
Масса железобетонной плиты $m_{пл}$ , кг	310	330	350	370	390	310	330	350	370	370
Число оборотов вала электродвигателя $n$ , об/мин	2820	2820	2820	2400	2640	2880	2000	2820	2400	2640
Допустимое напряжение в материале виброизолятора $\sigma$ , МПа	0,45	0,37	0,44	0,32	0,44	0,33	0,41	0,32	0,42	0,35
Динамический модуль упругости $E_D$ , МПа	18,2	19,5	20,4	21,2	24,6	26,5	22,5	21,3	15,4	19,5
Количество амортизаторов	7	6	4	5	5	8	2	5	7	
Исходные данные	Варианты									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Масса энергетической установки $m_{уст}$ , кг	180	175	260	155	50	45	40	45	50	55
Масса железобетонной плиты $m_{пл}$ , кг	310	330	350	370	390	310	330	350	370	370
Число оборотов вала электродвигателя $n$ , об/мин	2320	2320	2520	2100	2640	2180	1000	2820	1400	3640
Допустимое напряжение в материале виброизолятора $\sigma$ , МПа	0,45	0,37	0,94	0,62	0,94	0,43	0,51	0,32	0,42	0,35
Динамический модуль упругости $E_D$ , МПа	18,2	19,5	20,4	21,2	22,6	24,5	22,5	21,3	20,4	28,5
Количество амортизаторов	6	5	4	3	7	9	5	7	6	5

## 7.4 Пример расчета акустической эффективности звукопоглощающих конструкций

С целью снижения уровней шума, создаваемого производственным оборудованием, ограждающие конструкции помещения облицованы звукопоглощающими конструкциями. Необходимо выполнить расчет акустической эффективности такой облицовки и величину снижения уровней шума в помещении.

Исходные данные - характеристика строительных конструкций производственного помещения:

- пол – бетонный;
- потолок – из сосновых досок;
- стены – кирпичные, оштукатуренные и окрашенные клеевой краской.

Высота помещения – 3,5 м. Для снижения уровней шума нижняя половина поверхностей стен

облицовывается древесно-волоконными плитами, а верхняя половина стен и потолок – акустическими плитами с наполнителем.

### Решение:

1) Решение ведем в табличной форме. Определяем коэффициенты звукопоглощения  $\alpha$  для среднегеометрических частот октавных полос (таблица 7.6) и заносим полученные данные в таблицу 7.7.

2) Для октавных полос звукопоглощение отдельных элементов облицовок и общее звукопоглощение в производственном помещении до облицовки определяем умножением коэффициентов звукопоглощения  $\alpha_i$  на площади ограждающих конструкций  $S_i$ :

$$A_1 = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i, \quad (7.16)$$

Таблица 7.7 - Коэффициенты звукопоглощения  $\alpha$  конструкций и материалов

Конструкция, материал	Коэффициент звукопоглощения $\alpha$ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Окна двойные в деревянных переплетах	0,28	0,35	0,35	0,29	0,20	0,14	0,10	0,06	0,04
Дверные проемы	0,25	0,28	0,30	0,30	0,30	0,40	0,40	0,40	0,35
Пол паркетный	0,01	0,15	0,20	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
Пол бетонный	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Стены и потолки оштукатуренные и окрашенные	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
Звукопоглощающие материалы и конструкции									
Плиты минераловатные акустические 500x500	0,02	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,20
Маты из супертонкого базальтового волокна	0,09	0,10	0,20	0,85	0,9	0,95	0,93	0,92	0,92
Минераловатная плита с перфорированным покрытием	0,08	0,10	0,18	0,63	0,90	0,94	0,98	0,98	0,95
Супертонкое стекловолокно с перфорированным покрытием	0,2	0,50	0,93	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97

Таблица 7.8 - Характеристики ограждающих конструкций помещения

Конструкция и материал	Площадь $S$ , м <sup>2</sup>	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Коэффициент звукопоглощения $\alpha$										
Пол бетонный	180	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Потолок из сосновых досок	180	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,07	0,10
Стены кирпичные, оштукатуренные и окрашенные	144	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
Окна	44	0,35	0,35	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04	0,03
Двери	8	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,07	0,10
Плиты для облицовки нижней половины стен	72	0,20	0,20	0,22	0,30	0,34	0,32	0,41	0,42	0,42

Продолжение таблицы 7.8

Акустические плиты для облицовки верхней половины стен и потолка:											
стены	72	0,08	0,08	0,15	0,42	0,99	0,75	0,67	0,41	0,33	
потолок	180	0,08	0,08	0,15	0,42	0,99	0,75	0,67	0,41	0,33	

Таблица 7.9 - Расчет звукопоглощения в производственном помещении

Конструкция и материал	Площадь S, м <sup>2</sup>	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Расчет звукопоглощения до облицовки A <sub>1</sub>										
Пол бетонный	180	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	3,6	3,6	3,6	3,6
Потолок из досок	180	18	18	18	18	18	14,4	14,4	12,6	18,0
Стены кирпичные, оштукатуренные и окрашенные	144	1,4	1,4	2,8	2,8	2,8	4,3	5,8	5,8	5,8
Окна	44	15,4	15,4	15,4	11,0	7,9	5,3	3,3	1,8	1,3
Двери	8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8
Общее звукопоглощение A <sub>1</sub> = Σα <sub>1</sub> S <sub>1</sub>		37,4	37,4	38,9	34,5	31,4	28,2	27,7	24,4	29,5
Расчет звукопоглощения после облицовки A <sub>2</sub>										
Пол бетонный	180	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	3,6	3,6	3,6	3,6
Потолок, облицованный акустическими плитами	180	14,4	14,4	27,0	75,6	178,2	135,0	121,0	73,7	59,5
Стены, облицованные древесноволокнистыми плитами	72	14,4	14,4	15,8	21,6	24,5	23,0	29,5	30,2	30,2
Стены, облицованные акустическими плитами	72	5,8	5,8	10,8	30,2	71,3	54,0	48,2	29,4	23,8
Окна	44	15,4	15,4	15,4	11,0	7,9	5,3	3,3	1,8	1,3
Двери	8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8
Общее звукопоглощение A <sub>2</sub> = Σα <sub>2</sub> S <sub>2</sub>		52,6	52,6	71,6	141,0	284,5	221,5	206,2	140,3	119,2

3) С учетом коэффициентов звукопоглощения для выбранных звукопоглощающих облицовок аналогично предыдущему пункту определяем

общее звукопоглощение для октавных полос частот, общее звукопоглощение после облицовки  $A_2$ . Результаты расчетов  $A_1$  и  $A_2$  представлены в таблице 7.9.

4) Определяем снижение уровней шума, дБ, для всех октавных полос:

$$СШ = 10 \lg \frac{A_2}{A_1}.$$

Например, величина снижения уровня шума на частоте 1000 Гц:

$$СШ_{1000} = 10 \lg \frac{221,5}{28,2} = 10 \lg 7,9 \approx 9 \text{ дБ}.$$

Результаты расчетов представлены в таблице 7.10.

5) Определяем спектр шума после применения звукопоглощения (по разнице значений уровней шума на среднегеометрических частотах до облицовки и снижения уровней шума).

6) Пользуясь справочными данными, определяем нормативные значения уровней шума на среднегеометрических частотах с учетом характера выполняемой работы и заносим их в таблицу 7.10.

Таблица 7.10 - Расчет снижения уровней шума

Показатель	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Спектр шума в помещении, дБ	71	74	86	92	104	106	100	90	80
Спектр шума после звукопоглощающей облицовки, дБ	70	73	83	86	95	97	91	82	74
Снижение уровней шума за счет звукопоглощения, дБ	1	1	3	6	9	9	9	8	6
Нормируемые значения уровней шума	107	95	87	82	78	75	73	71	69
Превышение нормативных уровней после облицовки	-	-	-	4	17	22	18	11	5

8) Выполненные расчеты показали, что снижение уровней шума на различных частотах не одинаково. Вместе с тем необходимо отметить, что снижение шума за счет звукопоглощающей облицовки стен и потолка в производственном помещении оказалось не достаточным для доведения уровней шума до нормативных значений на среднегеометрических частотах 250–8000 Гц. Необходимо в данном случае разработать и внедрить новые дополнительные инженерные решения по снижению уровней шума (например, по применению звукоизоляции наиболее шумного производственного оборудования, замене его на менее шумное оборудование и др.).

7) Определяем, есть ли превышение расчетных уровней шума, дБ, на среднегеометрических частотах над нормативными значениями, и результаты заносим в таблицу 7.10.

Таблица 7.11 - Индивидуальные задания к расчету акустической эффективности звукопоглощающих конструкций

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Размеры помещения,	10	12	12	10	16	10	8	8	14	12
- длина	7,5	8	6	6	12	8	8	6	12	10
- ширина	3,5	3,2	3,5	3,6	4,5	3,4	3,2	3,0	4,2	4,0
- высота										
Площадь окон, %	12	14	16	18	16	14	12	16	18	12
Среднегеометрические октавные частоты, Гц	Уровни шума источников, дБ									
31,5	65	74	66	71	42	61	75	65	63	61
63	65	76	67	73	42	62	78	67	66	62
125	60	76	69	50	87	65	85	60	79	62
250	64	72	68	77	87	80	82	61	72	74
500	62	82	85	89	87	84	87	63	74	76
1000	76	89	85	80	85	82	65	80	74	87
2000	70	87	62	62	72	65	70	85	70	72
4000	61	85	74	82	71	72	75	56	68	55
8000	60	82	60	70	68	68	75	62	66	60
Предельный спектр уровня шума, дБ	60	75	70	70	80	75	60	65	65	75

Стены помещения кирпичные оштукатуренные, окрашенные масляной краской, потолок и пол бетонные. Окна двойные в деревянных переплетах. Двери деревянные размером 2,1x0,8 м.

## Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «производственный шум»?
2. К чему приводит длительное воздействие шума на организм человека?
3. На какие виды подразделяется шум по временным характеристикам?
4. Как определяется суммарный уровень шума?
5. Назовите способы защиты от шума?
6. Дайте определение понятию «вибрация»?
7. Назовите основные параметры, характеризующие процесс вибрации?
8. Охарактеризуйте воздействие вибрации на организм человека?
9. Как осуществляется нормирование вибрации?
10. Перечислите основные меры борьбы с вибрацией?

## 8 Пожарная безопасность

### 8.1 Общие положения

#### 8.1.1 Пожарные эвакуационные выходы

При возникновении пожара уже в самой начальной его стадии выделяющаяся теплота, токсичные продукты полного и не полного сгорания, возможные обрушения конструкций опасны для человеческой жизни. Поэтому при проектировании зданий необходимо учесть возможность эвакуации людей в определенные сроки. Показателем эффективности эвакуации является время, в течение которого люди могут при необходимости покинуть отдельные помещения и здание в целом. Безопасность вынужденной эвакуации достигается в случае, если продолжительность эвакуации людей из отдельных помещений или здания в целом меньше критической продолжительности пожара, создающей опасность для человека. Критической продолжительностью пожара считается время достижения при пожаре опасных для человека температур и концентраций кислорода. Не все выходы считаются эвакуационными.

Эвакуационные выходы должны отвечать следующим требованиям: вести из помещения непосредственно наружу или в лестничную клетку и коридор, имеющие выход непосредственно наружу или через вестибюль. Пути сообщения, связанные с механическим приводом (лифты, эскалаторы), не относятся к путям эвакуации, так как всякий механический привод связан с источником энергии, который при пожаре может выйти из строя. Не являются эвакуационными лестницы, не имеющие ограждений и расположенные не в лестничной клетке. Не устраивают эвакуационные выходы через помещения категорий А и Б и в производственные помещения в здания степеней огнестойкости ШБ, IVа и V.

Установлено, что в аварийной ситуации люди предпочтительно пользуются не запасными, а обычными выходами, которыми пользовались повседневно. Поэтому запасные выходы в помещениях массовым пребыванием людей при расчете эвакуационных выходов не учитываются, хотя в случае вынужденно эвакуации они могут быть использованы (таблица 8.1).

В производственных зданиях очень важна протяженность путей эвакуации. Расстояние от наиболее удаленного рабочего места до ближайшего эвакуационного выхода из помещения наружу или в лестничную клетку зависит от многих факторов — объема помещения, категории пожарной опасности расположенных в нём производств, степени огнестойкости здания и плотности людского потока в общем проходе. При этом плотность людского потока представляет собой отношение количества людей, эвакуирующихся по проходу, к площади этого прохода.

Число эвакуационных выходов из здания не делается меньше двух. Общая ширина выходов для эвакуации из помещения или коридора определяется в зависимости от общего количества людей и допускаемого нормами (таблица 8.1) количества людей на 1 м ширины прохода.

Все необходимые выходы располагают рассредоточено с учетом того, что наименьшее расстояние между ними определяется по формуле:

$$L \geq 1,5\sqrt{П}, \quad (8.1)$$

где  $L$  - минимальное расстояние между двумя наиболее удаленными друг от друга эвакуационными выходами, м;

$П$  — периметр помещения, м.

Таблица 8.1 - Эвакуация людей из помещения

Категория помещения	Степень огнестойкости здания	Количество людей на 1 м ширины эвакуационного выхода (двери) чел.	
		из помещения	из коридора
А, Б	I, II, IIIa	45/15, 65/30, 85/40	85
В	I, II, III, IIIa	110/15, 155/30, 175/40	175
	IIIб, IV	75/15, 110/30, 120/40	120
	V	55/15	85
Г, Д	I, II, III, IIIa	260	260
	IIIб, IV	180	180
	V	130	130

Примечание - В знаменателе - значение объема помещения, тыс. м<sup>3</sup>

Двери на путях эвакуации должны открываться по направлению выхода из здания. Высота путей эвакуации и дверей в свету должна быть не менее 2 м. Ширина эвакуационных выходов из помещений принимается по СНБ 2.02.02–01 в зависимости от количества людей на 1 м ширины выхода. Для общественных зданий нормируемым параметром является расстояние от любой точки пола зальных помещений до ближайшего эвакуационного выхода и, как и для промышленных зданий, число человек на 1 м ширины эвакуационного выхода (двери), которое, в свою очередь, зависит от степени огнестойкости зданий и объема помещений.

### 8.1.2 Противопожарное водоснабжение промышленных предприятий

Согласно противопожарным нормам на территории промышленного предприятия должен устраиваться противопожарный водопровод; который, как правило, объединяется с хозяйственно-питьевым или производственным водопроводом. Для тушения пожаров может устраиваться водопровод высокого или низкого давления.

В водопроводе высокого давления напор, необходимый для тушения

пожара непосредственно от гидрантов, создается при возникновении пожара специально установленными стационарными пожарными насосами. Эти стационарные насосы оборудуются устройством, обеспечивающим пуск насосов не позднее чем через 5 минут после подачи сигнала о возникновении пожара. Противопожарный водопровод высокого давления устраивается в особых случаях по особому требованию органов пожарного надзора.

В водопроводе низкого давления необходимый для тушения пожара напор создается передвижными пожарными насосами (автонасосами или мотопомпами), подающими воду от гидрантов к месту пожара.

Напор противопожарного водопровода высокого давления определяется из расчета обеспечения высоты компактной струи не менее 10 м при полном пожарном расходе воды и расположении ствола на уровне наивысшей точки самого высокого здания. Напор в сети противопожарного водопровода низкого давления определяется из расчета обеспечения высоты струи (на уровне поверхности земли) при пожаротушении не менее 10 м.

При расчете напора воды принимается, что вода подается по непрорезиненному пожарному рукаву длиной 100 м, диаметром 66 мм, со sprысками диаметром 19 мм и при расчетном расходе каждой струи 5 л/с.

При определении расхода воды на внутреннее пожаротушение в производственных зданиях следует принимать его из расчета двух пожарных струй производительностью не менее 2,5 л/с каждая.

Постоянный напор у внутренних пожарных кранов регламентируется в зависимости от характеристики здания и степени его огнестойкости, но при этом высота компактных струй должна быть не менее 6 м. Постоянное давление у наружных гидрантов и кранов обеспечивается с помощью водонапорных баков и водяных баков пневматических установок.

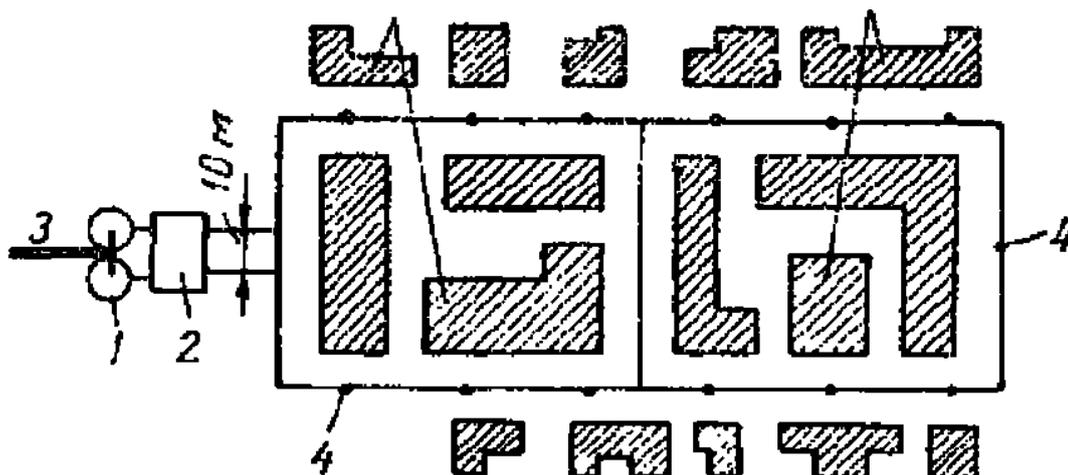
Емкость водонапорных баков для промышленных предприятий рассчитывается на 10-минутную продолжительность тушения пожара внутренними пожарными кранами, а также спринклерами и дренчерами, при их наличии.

В некоторых случаях является более целесообразным взамен водонапорных баков устанавливать пневмоцистерны, получившие широкое, распространение на судах транспортного флота.

Водопроводные сети. Разрешается устраивать, как правило, кольцевые водопроводные сети. Прокладка тупиковых противопожарных линий допускается к отдельно стоящим зданиям или сооружениям, при их длине не более 200 м. При длине противопожарных тупиковых линий более 200 м должны предусматриваться пожарные резервуары или водоемы.

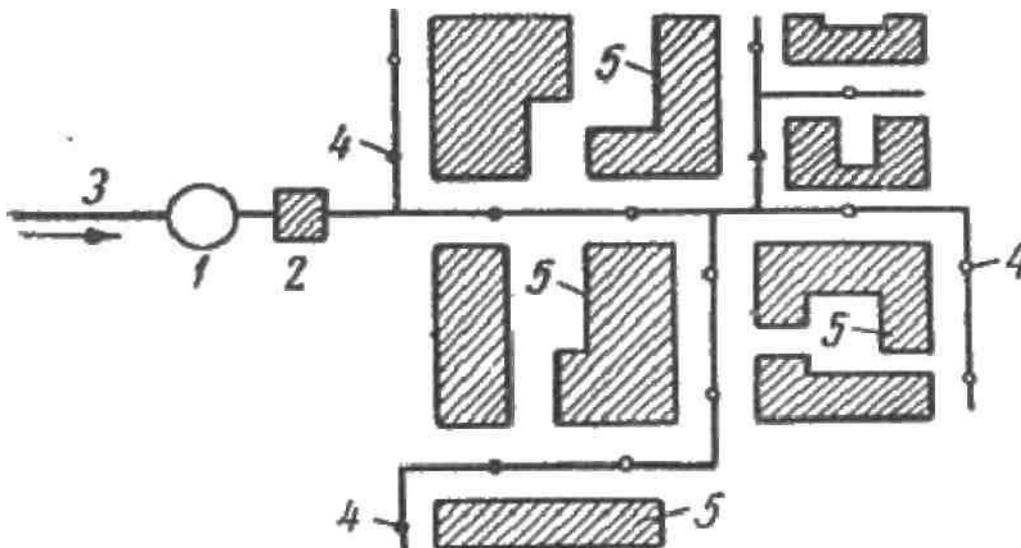
При устройстве наружных противопожарных водопроводных сетей необходимо принять меры против замерзания воды в этих линиях. Диаметры труб наружных водопроводных линий должны быть не менее 100 мм.

На рисунке 8.1 изображена схема кольцевой сети, а на рисунке 8.2 -схема тупиковой сети водопровода. Анализируя обе схемы, следует указать на серьезный недостаток тупиковых сетей водопровода, заключающийся в том, что в случае порчи трубопровода в каком-либо месте весь участок сети за пунктом повреждения выходит из строя.



1 - запасные резервуары для воды; 2 - насосная станция; 3 - городская магистраль; 4 - гидранты; 5 – здания

Рисунок 8.1 - Схема кольцевого водопровода



1 - запасной резервуар для воды; 2 - насосная станция; 3 - городская магистраль; 4 - гидранты; 5 - здания

Рисунок 8.2 - Схема тупиковой сети водопровода

Пожарные гидранты. Пожарные краны, устанавливаемые непосредственно на наружной подземной водопроводной магистрали, называются гидрантами. Гидранты применяются подземные и наземные.

Наиболее распространенными являются подземные гидранты. Они имеют те преимущества в том, что их не нужно утеплять на зиму и они не мешают движению на внутризаводской территории. Однако при устройстве подземных гидрантов необходимо иметь специальный стендер для получения воды из гидранта и тратить некоторое время на установку. Кроме того, бывает затруднительно быстрое нахождение подземного гидранта, особенно в зимнее время. Наземные гидранты лишены перечисленных недостатков, но в зимний период они требуют утепления и мешают движению по внутри заводской территории.

Гидранты располагаются вдоль дорог и проездов на расстоянии не более 100 м друг от друга, не ближе 5 м от стен здания и вблизи перекрестков дорог. В том случае, когда гидранты устанавливаются вне проезжей части дорог, они располагаются не далее 2 м от края проезжей части дороги.

Внутренние пожарные краны. Внутренние сети противопожарных водопроводов с системой стояков, оборудованных пожарными кранами,

присоединяются к наружному кольцевому водопроводу не менее чем двумя вводами.

Внутренние пожарные краны устанавливаются обычно на лестничных клетках, площадках и коридорах отапливаемых помещений, на высоте 1,35 м от пола. В случае установки противопожарного водопровода в неотапливаемых зданиях он снабжается задвижками, которые располагаются в утепленном месте. Кроме того, водопровод должен в этом случае снабжаться водоспускными устройствами.

Внутренний пожарный кран должен иметь присоединенный к нему рукав с брандспойтом вполне готовым к применению на случай пожара. Внутренние пожарные краны должны быть использованы для тушения пожара персоналом предприятия, тогда как гидранты используются лишь специализированными пожарными командами.

## 8.2 Примеры расчета путей эвакуации

### Пример 1

Категория помещения - А, степень огнестойкости здания — II, объем помещения 25000 м<sup>2</sup>, количество работающих в смене 200 человек.

Определить общую ширину выходов для эвакуации из помещения и количество дверей. Принять ширину двери 1,80 м.

**Решение.** По таблице 8.1 находим для категории помещения - А, степени огнестойкости — II и объема помещения 25000 м<sup>2</sup>, количество людей на 1 м ширины эвакуационного выхода (двери) 65 человек.

Общая ширина выходов:

$$B_{\text{общ}} = N_p / N_n, \quad (8.2)$$

где  $B_{\text{общ}}$  – общая ширина выходов;

$N_p$  – количество работающих в смене;

$N_n$  – количество людей на 1 м ширины эвакуационного выхода (двери), человек.

$$V_{\text{общ}} = 200/65 = 3,077 \text{ м.}$$

Всего дверей:

$$n = V_{\text{общ}} / V_{\text{дв}}, \quad (8.3)$$

$$n = 3,077/1,80 = 1,709.$$

Принимаем - количество дверей 2 шт.

Таблица 8.2 - Индивидуальные задания к расчету общей ширины выходов для эвакуации из помещения

Вариант №	Категория помещения	Степень огнестойкости здания	Объем помещения, тыс. м <sup>3</sup>	Число работающих в одной смене
1	2	3	4	5
1	A	I	15	250
2	A	II	30	300
3	A	III a	40	200
4	B	I	10	150
5	B	II	25	200
6	B	III a	35	300
7	B	I	15	250
8	B	II	30	320
9	B	III	40	180
10	B	III a	40	200
11	B	III б	15	150
12	B	IV	30	250
13	B	IV	30	280
14	B	V	10	100
15	Г	I	10	250
16	Г	II	15	300
17	Г	III	20	200
18	Г	III a	25	150
19	Д	III б,	5	180
20	Д	IV	10	250
21	A	I	15	100
22	A	II	30	150
23	A	III a	40	200
24	B	I	10	250

Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4	5
25	Б	II	25	300
26	Б	III a	35	180
27	В	I	15	220
28	В	II	30	260
29	В	III	40	140
30	В	III a	40	270

**Пример 2**

Исходные данные:

- категория производства – Б;
- объем помещения – 10 тыс. м<sup>3</sup> ;
- число людей на первом участке – 75 чел.;
- длина участка  $l_1 = 40$  м,  $l_2 = 30$  м,  $l_3 = 25$  м;
- ширина участка  $\sigma_1 = 3,6$  м,  $\sigma_2 = 2,6$  м,  $\sigma_3 = 1,8$  м.

Определить согласно требованиям норм проектирования расчетное и необходимое время эвакуации людей из помещений производственного здания.

**Решение.**

- 1) По исходным данным строим расчетную схему эвакуации (рисунок 8.3).

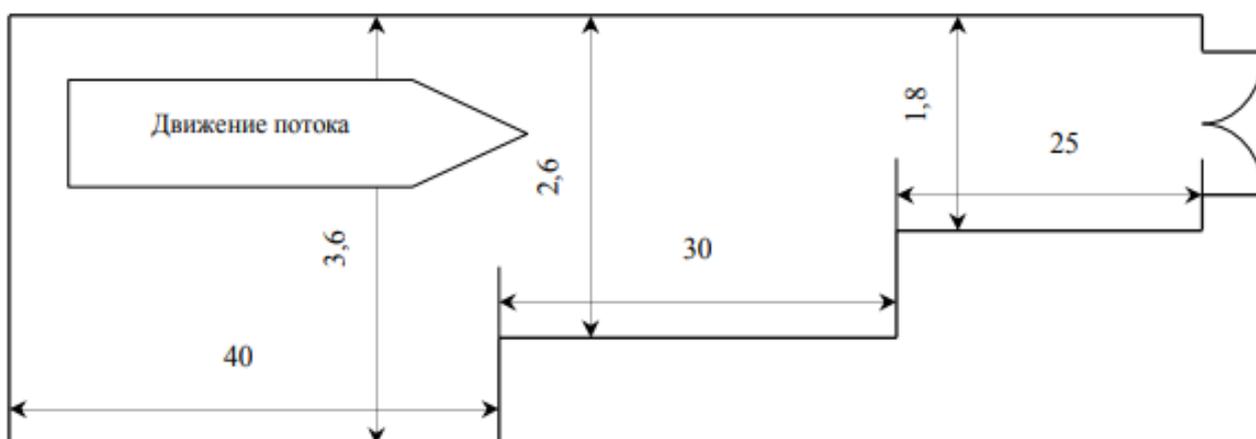


Рисунок 8.3 - Расчетная схема эвакуации

- 2) Среднюю площадь горизонтальной проекции взрослого человека в

зимней одежде принимаем равной  $0,125 \text{ м}^2$ .

3) Ширину дверного проема принимаем  $1,6 \text{ м}$ .

4) Определяем:

а) плотность людского потока на первом участке по формуле:

$$D_1 = N_{if} / l_1 \sigma_1 . \quad (8.4)$$

Подставив значения, получим:

$$D_1 = 75 \cdot \frac{0,125}{40 \cdot 3,6} = 0,0065 \approx 0,07 \text{ м}^2/\text{м}^2 ;$$

б) скорость движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке  $v_1=92 \text{ м/мин}$ , а интенсивность движения людского потока  $q_1=6,2 \text{ м/мин}$  (интерполируя значения таблицы 8.2);

в) время движения людского потока на первом участке:

$$t_1 = l_1/v_1 = 40/92 = 0,43 \text{ мин};$$

г) интенсивность движения людского потока  $q$  на втором и третьем участках пути

$$q_i = q_{i-1} \cdot \sigma_{i-1}/\sigma_i. \quad (8.5)$$

Подставим числовые значения:

$$q_2 = 6,2 \cdot 3,6/2,6 = 8,58 \approx 8,6 \text{ м/мин};$$

$$q_3 = 8,6 \cdot 2,6/1,8 = 12,42 \approx 12,4 \text{ м/мин}.$$

Соответственно скорости движения на этих участках по данным таблицы 8.2,  $v_2 = 77$  м/мин,  $v_3 = 58$  м/мин.

Время движения:

$$t_2 = l_2/v_2 = 30 / 77 = 0,39 \text{ мин};$$

$$t_3 = l_3/v_3 = 25 / 12,4 = 2,02 \text{ мин};$$

д) расчетное время эвакуации людей как сумму времени движения по последовательным участкам и времени прохода дверного проема:

$$t_{\text{расч}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_{\text{дв.пр}} \quad (8.6)$$

Согласно нормам проектирования при толщине стены менее 0,7 м длина пути в дверном проеме принимается равной нулю. Тогда  $t_{\text{дв.пр}} = 0$ .

Следовательно:

$$t_{\text{расч}} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,43 + 0,39 + 2,02 + 0 = 2,84 \text{ мин};$$

е) необходимое время эвакуации людей  $t_{\text{нб}}$  (таблица 8.3) в зависимости от степени огнестойкости, категории производства по взрывопожароопасности и объема помещений, которое для заданных условий  $t_{\text{нб}} = 0,5$  мин.

5) Расчетное время эвакуации людей из производственных помещений здания  $t_{\text{расч}} = 2,84$  мин, т.е.

$$t_{\text{расч}} > t_{\text{нб}} \quad (8.7)$$

Условие безопасности не выполняется, следовательно, требуется изменить схему эвакуации. Например, предусмотреть два эвакуационных выхода или уменьшить длины участков эвакуации.

Таблица 8.2 - Значения скорости и интенсивности движения людского потока по горизонтальному пути в зависимости от плотности (м/мин)

Плотность потока $D_i, \text{ м}^2/\text{м}^2$	Горизонтальный путь		Дверной проем	Лестница вниз		Лестница вверх	
	Интенсивность $q, \text{ м/мин}$	Скорость $v, \text{ м/с}$	Интенсивность $q, \text{ м/мин}$	Интенсивность $q, \text{ м/мин}$	Скорость $v, \text{ м/с}$	Интенсивность $q, \text{ м/мин}$	Скорость $v, \text{ м/с}$
0,01	1,0	100,0	1,0	1,0	100,0	0,6	60,0
0,05	5,0	100,0	5,0	5,0	100,0	3,0	60,0
0,10	8,0	80,0	8,7	9,5	95,0	5,3	53,0
0,20	12,0	60,0	13,4	13,6	68,0	8,0	40,0
0,30	14,1	47,0	16,5	15,6	52,0	9,6	32,0
0,40	16,0	40,0	18,4	16,0	40,0	10,4	26,0
0,50	16,5	33,0	19,6	15,5	31,0	11,0	22,0
0,60	16,2	27,0	18,5	14,4	24,0	10,8	18,0
0,70	16,1	23,0	18,0	12,6	18,0	10,5	15,0
0,80	15,2	19,0	17,3	10,4	13,0	10,4	13,0
0,90 и более	13,5	15,0	8,5	7,2	8,0	9,9	11,0

Эвакуационные выходы должны располагаться рассредоточено. При этом минимальное расстояние  $L$ , м, между наиболее удаленными один от другого выходами из помещения должно быть

$$L \geq 1,5 \bar{P}, \quad (8.9)$$

где  $P$  – периметр помещения, м.

Таблица 8.3 - Необходимое время эвакуации из помещений производственных зданий

Категория производства	Необходимое время эвакуации, мин, при объеме помещения, тыс. м <sup>3</sup>				
	До 15	30	40	50	60 и более
А, Б	0,50	0,75	1	1,50	1,75
В1–В4	1,25	2	2	2,50	3
Г1, Г2, Д	Не ограничивается				

Таблица 8.4 - Индивидуальные задания к определению расчетного и необходимого время эвакуации людей из помещений

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Категория производства	В	Б	В	А	В	Б	В	Б	А	Б
Объем помещения, тыс. м <sup>3</sup>	20	15	45	15	20	45	40	45	25	50
Число людей на первом участке	40	45	50	55	45	65	50	45	60	70
Длина участка, м:										
- первого $l_1$	35	30	33	40	28	40	42	44	46	48
- второго $l_2$	25	16	27	28	19	30	21	22	28	24
- третьего $l_3$	11	25	12	25	13	25	12	15	20	25
Ширина участка, м:										
- первого $\sigma_1$	4,0	3,2	2,8	3,6	3,8	2,7	2,6	3,5	3,4	2,8
- второго $\sigma_2$	3,5	2,8	2,5	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,6	2,4
- третьего $\sigma_3$	2,1	2,0	1,8	1,9	1,8	2,1	1,9	2	1,9	1,9
Исходные данные	Варианты									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Категория производства	А	Б	А	А	В	Б	Б	Б	В	Б
Объем помещения, тыс. м <sup>3</sup>	40	35	55	25	20	25	20	65	45	50
Число людей на первом участке	10	35	20	25	45	15	10	45	60	70
Длина участка, м:										
- первого $l_1$	55	50	53	30	48	30	32	54	46	48
- второго $l_2$	25	16	27	28	19	30	21	22	28	24
- третьего $l_3$	11	25	12	25	13	25	12	15	20	25
Ширина участка, м:										
- первого $\sigma_1$	3,0	4,2	3,8	3,6	3,8	3,7	1,6	3,5	3,4	2,8
- второго $\sigma_2$	3,5	2,8	2,5	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,6	2,4
- третьего $\sigma_3$	2,1	2,0	1,8	1,9	1,8	2,1	1,9	2	1,9	1,9

Продолжение таблицы 8.4

Исходные данные	Варианты									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Категория производства	А	Б	А	Б	В	Б	А	Б	А	А
Объем помещения, тыс. м <sup>3</sup>	20	15	45	15	20	45	40	45	25	50
Число людей на первом участке	20	25	20	25	25	25	20	25	20	20
Длина участка, м:										
- первого $l_1$	35	30	33	40	28	40	42	44	46	48
- второго $l_2$	25	16	27	28	19	30	21	22	28	24
- третьего $l_3$	13	24	18	20	12	20	10	10	22	20
Ширина участка, м:										
- первого $\sigma_1$	4,0	3,2	2,8	3,6	3,8	2,7	2,6	3,5	3,4	2,8
- второго $\sigma_2$	3,5	2,8	2,5	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,6	2,4
- третьего $\sigma_3$	2,1	2,0	1,8	1,9	1,8	2,1	1,9	2	1,9	1,9

### 8.3 Пример расчета проектируемого хозяйственно-противопожарного водопровода

#### Пример 3

Рассчитать расход воды на тушение пожаров для проектируемого хозяйственно-противопожарного водопровода, предназначенного для обслуживания производственного предприятия и населенного пункта.

1) Здания производственного предприятия отнести к I и II степеням огнестойкости.

2) По СНБ 4.01.02–03 «Противопожарное водоснабжение» или по таблице 8.4 установить возможное количество пожаров и время их тушения.

Расчетное количество одновременных пожаров на производственных предприятиях зависит от занимаемой площади объекта и определяется по пп. 5.20–5.21 СНБ 4.01.02–03 «Противопожарное водоснабжение» или по таблице 8.4.

Продолжительность тушения пожаров зависит от степени огнестойкости здания и категории взрывопожароопасности и определяется по п. 5.22 СНБ 4.01.02–03. Расчетная продолжительность тушения пожара должна приниматься равной 3 ч, а для зданий I–IV степеней огнестойкости категорий В4, Г1, Г2 и Д продолжительность тушения пожара – 2 ч.

3) Используя данные таблицы 8.4, определяем:

а) объемы воды на наружное и внутреннее пожаротушение на территории производственного предприятия (устанавливается по п. 5 СНБ 4.01.02–03):

$$W_n = \frac{3600Q_n\tau_T n}{1000}, \quad (8.10)$$

где  $W_n$  – объем воды на наружное пожаротушение, м<sup>3</sup>;  
 $Q_n$  – расход воды на наружное пожаротушение, л/с;  
 $\tau_T$  – нормативная продолжительность тушения пожара, ч;  
 $n$  – количество одновременных пожаров;

$$W_{вн} = \frac{3600Q_{вн}\tau_T c}{1000}, \quad (8.11)$$

где  $W_{вн}$  – объем воды на внутреннее пожаротушение, м<sup>3</sup>;  
 $Q_{вн}$  – расход воды на внутреннее пожаротушение, л/с;  
 $\tau_T$  – нормативная продолжительность тушения пожара, ч;  
 $c$  – количество струй при внутреннем пожаротушении;

б) расход воды и ее объем на наружное пожаротушение в населенном пункте (устанавливается по СНБ 4.01.02–03);

в) общий объем воды на пожаротушение с учетом продолжительности тушения должен учитывать объемы на наружное пожаротушение и внутреннее;

г) неприкосновенный противопожарный запас воды и максимальный срок его восстановления (устанавливается по СНБ 4.01.02–03).

Таблица 8.4 - Расход воды и количество одновременных пожаров в населенном пункте

Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	Расчетное количество одновременных пожаров	Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, в населенном пункте при застройке зданиями высотой	
		не более двух этажей	три этажа и более
До 1	1	5	10
Свыше 1 - 10	1	10	15
10 - 25	2	10	15
25 - 50	2	20	25
50 - 100	2	25	35
100 - 200	3	-	40
200 - 300	3	-	55
300 - 400	3	-	70
400 - 500	3	-	80
500 - 600	3	-	85
600 - 700	3	-	90
700 - 800	3	-	95
800 - 1000	3	-	100

Максимальный срок восстановления неприкосновенного пожарного объема воды в населенных пунктах и на промышленных предприятиях со зданиями категорий А, Б, В1–В3 должен быть не более 24 ч, а на предприятиях со зданиями категорий В4, Г1, Г2 и Д – 36 ч. Для предприятий с расходами воды на наружное пожаротушение 20 л/с и менее допускается увеличивать время восстановления неприкосновенного пожарного объема при наличии зданий категорий В4, Г1, Г2 и Д до 48 ч, а при наличии зданий категорий В1–В3 – 36 ч.

4) Сделать выводы (обобщить результаты расчета).

В расчетное количество одновременных пожаров в населенном пункте включаются пожары на промышленных предприятиях, расположенных в пределах населенного пункта. При этом в расчетный расход воды следует включать соответствующие расходы воды на пожаротушение на этих предприятиях, но не менее указанных в таблице 8.4.

Таблица 8.5 - Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий с фонарями и без фонарей шириной до 60 м

Степень огнестойкости зданий	Категория зданий по взрыво- и пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, производственных зданий с фонарями, а также без фонарей шириной до 60 м при строительном объеме зданий, тыс. м <sup>3</sup>						
		До 3	3 - 5	5 - 20	20 - 50	50 - 200	200 - 400	400 - 600
I-IV	B4, Г1, Г2, Д	10	10	10	10	15	20	25
I-IV	A, Б, B1-B3	10	10	15	20	30	35	40
V, VI	Г1, Г2, B4, Д	10	10	15	25	35	-	-
V, VI	B1-B3		15	20	30	40	-	-
VII, VIII	Г1, Г2, B4, Д	0	15	20	30	-	-	-
VII, VIII	B1-B3	5	20	25	40	-	-	-

\* Для зданий класса Ф5.3 расход воды на один пожар принимать 5 л/с.

Таблица 8.6 - Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий без фонарей шириной более 60 м

Степень Огнестойкости зданий	Категория зданий по взрыво пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, производственных зданий без фонарей шириной более 60 м при строительном объеме зданий, тыс. м <sup>3</sup>								
		до 50	50-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800
I-IV	A, Б, B1-B3	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I-IV	B4, Г1, Г2, Д	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Расчетное количество одновременных пожаров на промышленном предприятии необходимо принимать в зависимости от занимаемой им площади: один пожар – при площади до 150 га, два пожара – при площади более 150 га.

Расчетная продолжительность тушения пожара при определении расхода воды должна приниматься равной 3 ч, а для зданий I-IV степеней огнестойкости категорий B4, Г1, Г2 и Д – 2 ч.

При установке внутренних пожарных кранов на водяных системах

автоматического пожаротушения время их работы необходимо принимать равным времени работы систем автоматического пожаротушения.

Таблица 8.7 - Расход воды на внутреннее пожаротушение в производственных и складских зданиях высотой до 50 м

Степень огнестойкости зданий	Категория зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	Число струй и минимальный расход воды (на одну струю), л/с, на внутреннее пожаротушение в зданиях классов Ф5.1–Ф5.3 высотой до 50 м и строительным объемом, тыс. м <sup>3</sup>				
		0,5 - 5	5 - 50	50 - 200	200 - 400	400 - 800
I-IV	А, Б, В1–В3	2×2,5	2×5	2×5	3×5	4×5
V, VI	В1–В3	2×2,5	2×5	2×5	-	-
V, VI	В4, Г1, Г2, Д	-	2×2,5	2×2,5	-	-
VII, VIII	В1–В3	2×2,5	2×5	-	-	-
VII, VIII	В4, Г1, Г2, Д	-	2×2,5	-	-	-

Максимальный срок восстановления неприкосновенного пожарного объема воды должен быть не более, ч:

24 – в населенных пунктах и на промышленных предприятиях со зданиями категорий А, Б, В1–В3;

36 – на промышленных предприятиях со зданиями категорий В4, Г1, Г2 и Д.

Для промышленных предприятий с расходами воды на наружное пожаротушение 20 л/с и менее допускается увеличивать время восстановления неприкосновенного пожарного объема воды до 48 ч для предприятий со зданиями категорий В4, Г1, Г2 и Д и до 36 ч для предприятий со зданиями категорий В1–В3.

Таблица 8.6 - Индивидуальные задания к примеру 3

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площадь территории промышленного предприятия, га	140	250	200	100	110	220	170	130	120	210
Объем здания, тыс. м <sup>3</sup>	30	100	250	25	20	30	40	100	250	250
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40	150	300	40	45	40	60	150	300	300
Категория зданий по пожарной опасности	В1	Б	В2	Б	В1	В3	Б	В4	Б	Д
Количество жителей в населенном пункте, тыс. чел.	12	16	18	22	10	18	14	32	18	28
Высота зданий в этажах	2	3	2	4	2	4	2	3	2	4
Исходные данные	Варианты									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Площадь территории промышленного предприятия, га	240	150	100	200	210	220	270	230	220	110
Объем здания, тыс. м <sup>3</sup>	50	110	350	25	20	30	50	100	250	250
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	60	150	400	40	45	40	60	150	300	300
Категория зданий по пожарной опасности	В1	Б	В2	Б	В1	В3	Б	В4	Б	Д
Количество жителей в населенном пункте, тыс. чел.	12	16	18	22	20	28	24	42	18	28
Высота зданий в этажах	3	5	4	4	2	6	3	3	2	4
Исходные данные	Варианты									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Площадь территории промышленного предприятия, га	140	250	200	100	110	420	370	230	220	310
Объем здания, тыс. м <sup>3</sup>	30	100	250	25	20	30	40	100	250	250
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40	150	300	40	45	40	60	150	300	300
Категория зданий по пожарной опасности	В1	Б	В2	Д	В1	В3	Б	В4	Д	Д
Количество жителей в населенном пункте, тыс. чел.	22	36	78	62	50	48	34	22	18	28
Высота зданий в этажах	2	3	2	4	2	4	2	3	2	4

Примечание – Расход воды на наружное пожаротушение принять для производственных зданий с фонарями, а также без фонарей шириной до 60 м. Производственные и хозяйственно-питьевые нужды не учитывать.

### **Контрольные вопросы:**

1. Охарактеризуйте показатель эффективности эвакуации людей?
2. В каком случае достигается безопасность вынужденной эвакуации?
3. Дайте определение понятию «критическая продолжительность пожара»?
4. Перечислите требования к эвакуационным выходам?
5. Как определить наименьшее расстояние между двумя наиболее удаленными друг от друга эвакуационными выходами?
6. Какова методика расчета эвакуационных путей из производственного здания?
7. Водопроводы какого давления могут устраиваться на промышленных предприятиях для тушения пожаров? Их преимущества и недостатки?
8. Какие виды водопроводных сетей промышленных предприятий существуют?
9. В чем преимущества и недостатки кольцевой и тупиковой схемы прокладки водопроводных сетей?

## Заключение

Таким образом, изучение и решение проблем, связанных с обеспечением здоровых и безопасных условий, в которых протекает труд человека - это одна из наиболее важных задач в разработке новых технологий и систем производства. Изучение и выявление возможных причин производственных несчастных случаев, профессиональных заболеваний, аварий, взрывов, пожаров, и разработка мероприятий и требований, предупредительная их оценка, направленные на устранение этих причин позволяют создать безопасные и благоприятные условия для труда человека.

Комфортные и безопасные условия труда один из основных факторов влияющих на производительность и безопасность труда, здоровье работников.

Несмотря на принимаемые меры государственными органами Республики Казахстан по повышению уровня промышленной безопасности, обстановка в сфере охраны труда и техники безопасности на производстве по-прежнему остается напряженной. Многие работодатели и руководители предприятий и организаций в погоне за прибылью в нарушение требований закона не создают на рабочих местах здоровые и безопасные условия труда, что влечет за собой увеличение производственного риска травматизма работающих. Более того, в ряде регионов на предприятиях, преимущественно частной и смешанной форм собственности, допускаются неединичные случаи сокрытия от учета и расследования несчастных случаев на производстве, в том числе нередко с тяжелым и смертельным исходом. В результате общее состояние с охраной труда на предприятиях и в организациях продолжает оставаться крайне тревожным.

В свете этого, очень важным является взаимодействие населения и государства в налаживании трудовой сферы для обеспечения комфортного и безопасного трудового процесса. Обеспечение безопасности техники и технологии является, по своей сути, одним из важнейших гарантов соблюдения трудовых прав граждан. В нашем обществе это имеет большое значение.

Обеспечение же безопасных и комфортных условий труда во многом

зависит от целенаправленной работы непосредственных руководителей работ (мастеров, начальников цехов, инженерно-технического состава), именно поэтому их подготовке по базовым вопросам обеспечения безопасности техники и технологии должно уделяться повышенное внимание на всех стадиях обучения, в т.ч. при освоении будущей специальности в стенах ВУЗа.

## Список использованных источников

1. Беляков, Г.И. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: учебник для бакалавров / Г.И. Беляков. - М.: Юрайт, 2013. - 572 с.
2. Безопасность производственных процессов : справочник / С. В. Белов, В. Н. Бринза, В. С. Вешкин [и др]. - М.: Машиностроение, 2005. – 380 с.
3. Воронкова, Л.Б. Охрана труда в нефтехимической промышленности: учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / Л.Б. Воронкова, Е.Н. Тароева. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 208 с.
4. Графкина, М.В. Охрана труда и основы экологической безопасности: Автомобильный транспорт: учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / М.В. Графкина. Автомобильный транс. - М.: ИЦ Академия, 2013. - 192 с.
5. Девисилов, В.А. Охрана труда: учебник / В.А. Девисилов. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 512 с.
6. Денисенко, Г. Ф. Охрана труда / Г.Ф.Денисенко - М.: Высшая школа, 2007. – 272 с.
7. Докторов, А.В. Охрана труда на предприятиях автотранспорта: учебное пособие / А.В. Докторов, О.Е. Мышкина. - М.: Альфа-М, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 272 с.
8. Зотов, Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве: учебник / Б.И. Зотов, В.И. Кудрямов. - 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Колос, 2006. – 403 с.
9. Ефремова, О.С. Охрана труда от А до Я: Практическое пособие / О.С. Ефремова. - М.: Альфа-Пресс, 2013. - 672 с.
10. Калинина, В.М. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности: учебник для студ. сред. проф. образования / В.М. Калинина. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 320 с.
11. Карнаух, Н.Н. Охрана труда: учебник для бакалавров / Н.Н. Карнаух. - М.: Юрайт, 2013. - 380 с.
12. Коробко, В.И. Охрана труда: учебное пособие для студентов вузов /

В.И. Коробко. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. - 239 с.

13. Минько, В.М. Охрана труда в машиностроении: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.М. Минько. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 256 с.

14. Минько, В.М. Охрана труда в строительстве: учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В.М. Минько, Н.В. Погожева. -М.: ИЦ Академия, 2012. - 208 с.

15. Охрана труда : учеб.-метод. пособие для студентов факультета безотрывного обучения / С. В. Дорошко, С. Н. Шатило ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – 2-е изд., перераб. и доп.– Гомель : БелГУТ, 2009. – 119 с.

16. Рахимова, Н. Н. Производственный шум. Нормирование. Методы снижения шума [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 280101.65 "Безопасность жизнедеятельности" / Н. Н. Рахимова, Л. Г. Проскурина, Е. А. Колобова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3.49 Мб). - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2009. - 106 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN 978-5-7410-1031-0.

17. Рахимова, Н. Н. Безопасность техники и технологий [Электронный ресурс]: учебное пособие для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность / Н. Н. Рахимова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 31480 Кб). - Оренбург : ОГУ, 2017. - 230 с. - Загл. с тит. экрана. -Adobe Acrobat Reader 6.0 - ISBN 978-5-7410-1859-0.