

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Кафедра безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии

Лумисте Е.Г., Агеенко Л.В., Ляхова Л.А.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА
НА ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТАХ**

**Методические указания к курсовой работе
для студентов инженерных специальностей**

Брянск 2009

УДК 628.511
ББК 68.9
Л 82

Лумисте Е.Г., Агеенко Л.В., Ляхова Л.А. Обеспечение безопасности на инженерных объектах. – Метод. указания по выполнению курсовой работы. - Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2009. - 92 с.

Р е ц е н з е н т:

д.т.н., профессор Маркарянц Л.М.

Методические указания составлены в соответствии с Государственным образовательным стандартом Высшего профессионального образования и программой дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», рекомендованной Минобразования для направления «Агроинженерия».

В указаниях приведена методика и нормативная база для расчета технических средств безопасности.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся на инженерных специальностях.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического факультета Брянской ГСХА, протокол № 2 от «24» марта 2009 г.

© Брянская ГСХА, 2009
© Лумисте Е.Г., 2009
© Агеенко Л.В., 2009
© Ляхова Л.А., 2009

Содержание

Цель и задачи курсовой работы.....	4
Структура курсовой работы.....	5
Методические указания по выполнению инженерных расчётов....	6
Расчет вентиляции	6
Расчет механической общеобменной вентиляции для производственных помещений.....	6
Расчёт местной вентиляции.....	15
Расчёт естественной вентиляции.....	20
Расчет отопления производственных помещений	22
Расчёт водяного отопления.....	22
Расчёт калориферного отопления.....	26
Электробезопасность	30
Расчет тока через человека.....	30
Расчет заземления.....	31
Расчет зануления.....	36
Расчёт молниезащиты.....	39
Расчет зоны защиты молниеотводов различной конструкции.....	40
Зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода	40
Зона защиты двойного стержневого молниеотвода.....	40
Зона защиты тросового молниеотвода.....	41
Расчет наименьших допустимых расстояний между элементами молниезащиты и защищаемым объектом.....	41
Расчеты высоты молниеотводов.....	42
Одиночный стержневой молниеотвод.....	42
Тросовый молниеотвод.....	43
Последовательность проведения расчета.....	44
Расчет освещения.....	45
Расчет естественного освещения по световому коэффициенту	45
Расчет по коэффициенту естественной освещенности при боковом освещении.....	46
Расчет естественного верхнего освещения.....	48
Расчет резиновых виброизоляторов.....	65
Расчет пружинных изоляторов.....	69
Расчет технических средств защиты от шума.....	74
Расчет технических средств защиты от излучений.....	80
Защита от теплового излучения.....	80
Защита от электромагнитных полей.....	84
Защита от ионизирующих излучений.....	86
Литература	91

Цель и задачи курсовой работы

В России более 60 тысяч предприятий, организаций и учреждений относятся к агропромышленному производству (АПП)

В агропромышленном производстве трудятся более 25% численности всего населения Российской Федерации.

Национальное достояние каждой страны - здоровье ее граждан.

Международной организацией труда с 1992 года и законодательством по охране труда в России установлен приоритет жизни и здоровья над результатами производственной деятельности.

Основными причинами производственного травматизма профессиональной и производственно обусловленной заболеваемости являются несовершенные условия и охрана труда.

Целью курсовой работы является освоение студентами методов инженерных расчетов средств защиты от вредного влияния производственных факторов на здоровье человека и от травм на производстве:

- естественной и искусственной вентиляции помещений;
- естественного и искусственного освещения;
- отопления производственных зданий;
- заземления и зануления электрооборудования;
- молниезащиты зданий и сооружений;
- шумо- и виброизоляции;
- экранирования электромагнитных излучений;
- устойчивости агрегатов;
- параметров эвакуации и пожарной безопасности и др.

Задачами курсовой работы является:

1. Выявление вредных и опасных факторов.
2. Выбор и расчет эффективных средств защиты от производственных факторов.
3. Разработка мероприятий по повышению безопасности на рассматриваемом участке (в рабочей зоне).

Сроки выполнения и правила оформления курсовой работы

Курсовая работа пишется от руки или выполняется на компьютере на бумаге форматом 210 x 297 мм.

Страницы нумеруются в нижнем правом углу, должны иметь поля шириной: слева - 30 мм, справа - 10 мм, сверху - 20 мм, внизу - 20 мм.

Работа выполняется на русском языке с изложением всех разделов, сопровождается расчетами, графиками, схемами с обязательными к ним комментариями.

Объем курсовой работы 30-35 страниц рукописного текста.

В оформленном виде она сдается на кафедру за 20 дней до начала экзаменационной сессии. В течение недели она находится на рецензии у преподавателя, затем защищается студентом.

Структура курсовой работы

Курсовая работа состоит из введения, трех разделов, выводов, списка используемой литературы. Графическая часть должна быть представлена в виде сопроводительных схем, эскизов, планов, графиков, таблиц.

Введение пишется на 1 -1,5 страницах. Описываются характерные производственные опасности при проведении работ по переработке сельскохозяйственной продукции, воздействие этих опасностей на человека. Приводится анализ травматизма, заболеваемости на перерабатывающих предприятиях, причины, их вызывающие. Описываются способы защиты от вредных и опасных факторов.

Раздел 1 – «Анализ условий труда на производстве». Согласно заданию в разделе рассматриваются:

- факторы, формирующие условия труда на предприятиях АПК;
- виды и последовательность производственных операций;
- применяемые машины, механизмы и оборудование, их опасные зоны;
- возможные опасности и вредности, которые могут иметь место при выполнении работ;
- применяемые средства индивидуальной защиты (СИЗ), средства коллективной защиты (СКЗ);

Раздел завершается присвоением категорий рассматриваемому объекту:

- по взрывной, взрывопожарной и пожарной безопасности (А, Б, В, Г, Д, Е);
- по электробезопасности (без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные);
- по молниезащите (1, 2, 3 категории);
- по санитарно–защитной зоне (I, II, III, IV, V класс).

Раздел 2 – «Расчет технических средств коллективной защиты». На основании индивидуального задания и справочных данных о проектируемом объекте, в целях создания отвечающих стандартным нормам и безопасных условий труда работающих производятся следующие расчеты:

- скорости выделения вредных веществ, которая является основанием для выбора типа вентиляции;
- естественной, искусственной вентиляции с подбором технических средств очистки выбросов;
- естественного, искусственного освещения с подбором типа светильников (при необходимости в защищенном исполнении);
- шумо-, виброзащиты рабочих мест с обоснованием выбранного способа защиты;
- заземления, зануления с подбором типа заземления (выносное, контурное);
- отопления производственных помещений с обоснованием выбранного типа (водяное, паровое, воздушное);
- молниезащиты зданий и сооружений с обоснованием типа молниеотвода (одинарный, двойной, многократный, тросовой);
- экранирования электромагнитных излучений.

Раздел 3 – «Мероприятия по повышению безопасности труда на участке». На основании проведенных расчетов разрабатываются мероприятия по повышению безопасности труда на проектируемом участке.

Составляется инструкция по охране труда при выполнении определенного вида работ.

Курсовую работу завершают краткие, четкие выводы.

Методические указания по выполнению инженерных расчетов

1. Расчет вентиляции

1.1. Расчет механической общеобменной вентиляции для производственных помещений

1.1.1. Определение воздухообмена по кратности. Количество воздуха, подаваемого или удаляемого из помещения за 1 час, отнесенное к внутренней кубатуре помещения, называется кратностью воздухообмена. Кратность воздухообмена рассчитывается по фактическому и допустимому содержанию вредных веществ:

$$K = \frac{P_{\phi}}{P_{\text{пдж}}}, \quad (1.1)$$

где P_{ϕ} – фактическое содержание газов, пыли, паров в воздухе, мг/м³;

$P_{\text{пдж}}$ – предельно допускаемая концентрация этих веществ в воздухе (ПДК), мг/м³.

Зная кратность воздухообмена K , можно рассчитать необходимый воздухообмен по формуле (м³/ч):

$$L = K \cdot V, \quad (1.2)$$

где k – кратность воздухообмена;

L – объем подаваемого или удаляемого воздуха (воздухообмен), м³/ч;

V – внутренняя кубатура (объем) помещения, м³.

Значения кратностей воздухообмена приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Кратность воздухообмена (К) для различных производственных помещений

Категория помещений	К	Категория помещений	К
Административные помещения	1,5	Отделение ремонта топливной аппаратуры	1,5-2
Моторно-ремонтное отделение	1,5-3	Станочное отделение Моечное отделение Отделение испытания двигателей Склад хранения муки Тесторазделочное отделение	2-3
Машинное и аппаратное отделение Аммиачные холодильные установки Столярные мастерские	2	Фреоновые холодильные установки Цех убоя и разделки туш Залы заседаний	3
Моечное отделение Медницко-заливочное отделение Пивобезалкогольное производство Консервный цех Маслоцех, творожный цех	3-4	Сварочное отделение Кузнечный цех Колбасный цех Бродильный цех	4-6
Цех готовой продукции хлебокомбината Пекарный зал	10-12	Курительные комнаты Топочное отделение	10

1.1.2. При нормальном микроклимате и отсутствии вредных веществ (содержанием их в пределах допустимых норм) воздухообмен L ($\text{м}^3/\text{ч}$) можно определить по формуле:

$$L = n \cdot L_1, \quad (1.3)$$

где n – число работающих в помещении;

L_1 - расход воздуха на одного работающего, принимаемый в зависимости от объёма помещения, приходящегося на каждого работающего (при объёме менее 20м^3 $L_1 = 30\text{м}^3/\text{ч}$; при объёме от 20 до 40м^3 $L_1 = 20\text{м}^3/\text{ч}$; в помещениях без окон $L_1 = 40\text{м}^3/\text{ч}$).

1.1.3. Воздухообмен *для удаления избыточного тепла*:

$$L_Q = \frac{Q_{из}}{C(t_{вн} - t_n)\gamma_n}, \quad (1.4)$$

где L_Q - воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{из}$ - избыточное количество тепла, поступающего в помещение, Дж/ч;

C - средняя удельная теплоёмкость воздуха, принимается равной $1005,5$ Дж/кг град ($0,24$ ккал/(кг град));

$t_{вн}$ - температура воздуха, удаляемого из помещения, $^{\circ}\text{C}$;

t_n - температура наружного воздуха, поступающего в помещение, $^{\circ}\text{C}$;

γ_n - плотность наружного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

1.1.4. Воздухообмен *для удаления избытка водяных паров*:

$$L_G = \frac{G_{вн}}{(q_{вн} - q_n)\gamma_n}, \quad (1.5)$$

где L_G - воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$G_{\text{вп}}$ - масса водяных паров, выделяющихся в помещении, $\text{г}/\text{ч}$;

γ_n - плотность наружного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$\varphi_{\text{вп}}$ - содержание паров в 1 кг воздуха в помещении при относительной влажности $\varphi_{\text{в}}$, соответствующей температуре помещения $t_{\text{в}}$, г;

φ_n - содержание паров в 1 кг воздуха, подаваемого в помещение при его относительной влажности φ_n и температуре t_n , г.

1.1.5. Воздухообмен для удаления вредных газов, паров и пыли:

$$L_G = \frac{P}{P_{\text{ПДК}} - P_n}, \quad (1.6)$$

где L_G - воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$;

P - скорость поступления газов, пыли и паров в помещении, $\text{мг}/\text{ч}$;

$P_{\text{ПДК}}$ - предельно допустимая концентрация газов, пыли и паров (таблица 1.2, 1.3), $\text{мг}/\text{м}^3$;

P_n - содержание вредных веществ в наружном (приточном) воздухе, $\text{мг}/\text{м}^3$ (можно принять $P_n \leq 0,3P_{\text{ПДК}}$);

Таблица 1.2 - ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	ПДК $\text{мг}/\text{м}^3$	Класс опас- ности	Наименование вещества	ПДК $\text{мг}/\text{м}^3$	Класс опас- ности
Алюминий и его сплавы (в пересчете на алюминий)	2	3	Аммиак	20	4
Бензин топливный (в пересчете на углерод)	100	4	Бензин-растворитель, лиг- роин, минеральные масла (в пересчете на углерод)	300	4
Бензол	20	4	Окислы азота	5	3
Окись углерода	20	4	Керосин (в пересчете на углерод)	300	4
Кислота серная	1	2	Кислота соляная	5	3
Кислота борная	10	3	Сероводород	10	3
Хлор	1	2	Хлористый водород	5	3

Таблица 1.3 - Допустимая концентрация пыли
в производственных помещениях

Род пыли	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Пыль цемента, глин, минералов, не содержащих	6	3
Асбестовая пыль	2	3
Пыль стекломинерального волокна	3	3
Пыль искусственных абразивов (корунд, карбо-	5	3
Пыль угольная, не содержащая двуокиси кремния	10	4
Пыль растительного происхождения с примесью двуокиси кремния:		
- более 10% (хлопковая, льняная);	2	4
- от 2 до 10% (зерновая);	4	4
- менее 2% (мучная, древесная)	6	4
Пыль табачная	3	3
Пыль чая	3	3
Пыль, содержащая 70% двуокиси кремния	1	2
Пыль алюминия	2	3
Пыль меди	1	2
Пыль свинца, ртути	0,01	1
Пыль металлическая, сварочный аэрозоль	6	3
Пыль чугуна	6	3

1.1.5.1. Скорость выделения вредных веществ при окрасочных работах $P_{окр}$ определяют по формуле:

$$P_{окр} = G_{лк} \cdot S \cdot q / 100, \quad (1.7)$$

где $G_{лк}$ – расход лакокрасочных материалов, г/м²;
 S – площадь окрашиваемой поверхности, м²
 q -доля летучих растворителей в краске, %, (60...90 г/м²– при распылении; 100...180 г/м² – при нанесении кистью).

1.1.5.2. Скорость выделения оксида углерода $P_{со}$ при работе двигателя определяют по формуле:

$$P_{со} = K \cdot G_T \cdot q / 100, \quad (1.8)$$

где K – количество отработанных газов при сгорании 1 кг топлива, кг/кг; ($K=15...16$ кг/кг);
 G_T – часовой расход топлива, кг/ч;
 q – содержание вредных веществ в отработанных газах, %.

1.1.5.3. Скорость выделения вредных примесей при сварке $P_{св}$ рассчитывают по формуле:

$$P_{св} = q \cdot K_{св} \cdot G_э / 100, \quad (1.9)$$

где $K_{св}$ – содержание вредных компонентов на 1 кг электродов, г/кг (табл. 1.4);
 $G_э$ – масса израсходованных электродов, кг;
 q – содержание вредных компонентов, % ($q = 3\%$ - марганец, $q = 0,4\%$ - хром, $q = 3,4\%$ - фтористые соединения).

Таблица 1.4 – Содержание токсичных веществ в сварочных электродах

Токсичные вещества	Содержание токсичных веществ, г на 1 кг электрода марки						
	УОНИ 13/45	УОНИ 13/55	СМ - 11	К-5	ОЗС-2	К-70, К-80	ОММ-5, ЦМ-7
Марганец	8,8	14	12	17,2	20	16	67,2
Хром	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1
Фтористые соединения	49,5	38	47,5	60	52	26	-

1.1.6. Требуемую производительность вентиляторов рассчитывают по формуле:

$$L_{вент} = L_{расч} \cdot k, \quad (1.10)$$

где $L_{расч}$ - полученный по расчёту суммарный воздухообмен для всех вентилируемых помещений, м³/ч;

k – коэффициент запаса, $k = 1,1$ для стальных воздуховодов длиной до 50 м; $k = 1,15$ для стальных воздуховодов длиной более 50 м.

1.1.7 Давление для подбора вентилятора ($P_{вент}$) определяют по формуле:

$$P_{вент} = P_{расч} \cdot k, \quad (1.11)$$

где $P_{расч}$ – давление, подсчитанное для всей системы вентиляции, Па;

k – коэффициент запаса, $k = 1,1$.

1.1.7.1. Расчётное давление (напор) определяется из выражения:

$$P = R \cdot l + Z, \quad (1.12)$$

где P – напор, Па;

R – потери давления на трение в воздуховоде длиной 1 м, Па;

l – длина участка воздуховода, м (рис. 1.1);

Z – потери давления в местных сопротивлениях в том же воздуховоде, Па;

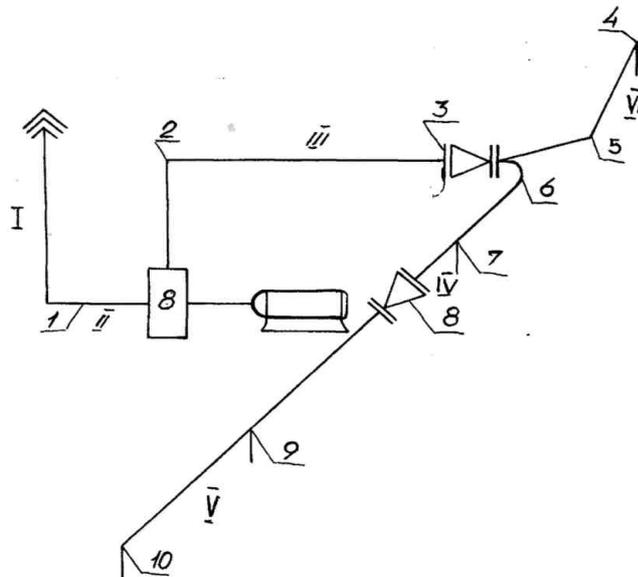
$$Z = \sum E \frac{V_2 \gamma}{q}, \quad (1.13)$$

где $\sum E$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на рассматриваемом участке воздуховода (табл. 1.5);

$\frac{V_2 \gamma}{2q}$ - динамическое давление, Па (табл. 1.6).

1.1.7.2. Потери давления в расчётной ветви воздухопроводов составляют сумму потерь давления в участках, составляющих рассчитываемую ветвь.

$$P = \sum \cdot (R \cdot L + Z), \quad (1.14)$$



I, II, III, IV, V, VI - участки сети;
1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10 - изгибы воздухопроводов; 3, 8 - переходы

Рисунок 1.1 — Схема вентиляционной сети

Таблица 1.5 - Значения коэффициентов местных сопротивлений воздухопроводов

Наименование местного сопротивления	Коэффициент ε
Внезапное расширение	$\varepsilon = \left(1 - \frac{f}{F}\right)^2$ при $\frac{f}{F} = 0,1 \rightarrow \varepsilon = 0,81$
Внезапное сужение	$\varepsilon = 0,5 \left(1 - \frac{f}{F}\right)$ при $\frac{f}{F} = 0,1 \rightarrow \varepsilon = 0,29$
Диффузор круглого сечения	$\varepsilon = 0,61$
Тройники под углом 90° : - проход - ответвление	$\varepsilon = 4,4$ $\varepsilon = 9,4$
Соединение вентилятора с воздухом	$\varepsilon = 0,44$
Отводы круглые	$\varepsilon = 0,21$

Таблица 1.6 – Данные для расчета круглых стальных воздуховодов

Динамическое давление $\frac{v^2 \gamma}{2g}$	Скорость движения воздуха, м/с	Количество проходящего воздуха и сопротивление трения на 1м воздуховода при внутренних диаметрах, мм											
		180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2,403	2,0	$\frac{183}{0,353}$	$\frac{226}{0,265}$	$\frac{286}{0,265}$	$\frac{353}{0,235}$	$\frac{443}{0,206}$	$\frac{561}{0,176}$	$\frac{712}{0,147}$	$\frac{904}{0,128}$	$\frac{1145}{0,108}$	$\frac{1413}{0,098}$	$\frac{1772}{0,088}$	$\frac{2243}{0,078}$
3,453	2,4	$\frac{220}{0,490}$	$\frac{271}{0,432}$	$\frac{343}{0,373}$	$\frac{424}{0,324}$	$\frac{532}{0,284}$	$\frac{673}{0,245}$	$\frac{865}{0,206}$	$\frac{1085}{0,176}$	$\frac{1373}{0,157}$	$\frac{1696}{0,137}$	$\frac{2127}{0,118}$	$\frac{2692}{0,098}$
4,709	2,8	$\frac{256}{0,647}$	$\frac{317}{0,559}$	$\frac{401}{0,490}$	$\frac{495}{0,432}$	$\frac{620}{0,373}$	$\frac{785}{0,324}$	$\frac{997}{0,275}$	$\frac{1266}{0,235}$	$\frac{1602}{0,206}$	$\frac{1978}{0,176}$	$\frac{2481}{0,157}$	$\frac{3141}{0,137}$
6,141	3,2	$\frac{293}{0,824}$	$\frac{362}{0,716}$	$\frac{458}{0,628}$	$\frac{465}{0,549}$	$\frac{709}{0,471}$	$\frac{897}{0,412}$	$\frac{1140}{0,353}$	$\frac{1447}{0,304}$	$\frac{1831}{0,265}$	$\frac{2261}{0,226}$	$\frac{2836}{0,196}$	$\frac{3589}{0,176}$
7,779	3,6	$\frac{330}{1,020}$	$\frac{407}{0,892}$	$\frac{515}{0,775}$	$\frac{636}{0,677}$	$\frac{798}{0,589}$	$\frac{1009}{0,510}$	$\frac{1282}{0,441}$	$\frac{1628}{0,373}$	$\frac{2060}{0,324}$	$\frac{2543}{0,284}$	$\frac{3190}{0,245}$	$\frac{4038}{0,216}$
9,604	4,0	$\frac{366}{1,236}$	$\frac{452}{1,079}$	$\frac{572}{0,932}$	$\frac{706}{0,814}$	$\frac{886}{0,706}$	$\frac{1122}{0,608}$	$\frac{1426}{0,530}$	$\frac{1809}{0,451}$	$\frac{2289}{0,391}$	$\frac{2826}{0,343}$	$\frac{3534}{0,296}$	$\frac{4481}{0,255}$
11,576	4,4	$\frac{403}{1,472}$	$\frac{497}{1,285}$	$\frac{629}{1,108}$	$\frac{777}{0,971}$	$\frac{975}{0,853}$	$\frac{1234}{0,736}$	$\frac{1567}{0,628}$	$\frac{1990}{0,540}$	$\frac{2518}{0,471}$	$\frac{3109}{0,412}$	$\frac{3899}{0,353}$	$\frac{4935}{0,304}$
13,83	4,8	$\frac{440}{1,426}$	$\frac{543}{1,510}$	$\frac{687}{1,305}$	$\frac{848}{1,148}$	$\frac{1063}{0,991}$	$\frac{1346}{0,853}$	$\frac{1710}{0,736}$	$\frac{2170}{0,638}$	$\frac{2747}{0,549}$	$\frac{3391}{0,481}$	$\frac{4254}{0,422}$	$\frac{5384}{0,363}$
15,01	5,0	$\frac{458}{1,854}$	$\frac{565}{1,619}$	$\frac{715}{1,402}$	$\frac{883}{1,236}$	$\frac{1108}{1,069}$	$\frac{1402}{0,922}$	$\frac{1781}{0,795}$	$\frac{2261}{0,589}$	$\frac{2861}{0,589}$	$\frac{3532}{0,520}$	$\frac{4431}{0,451}$	$\frac{5608}{0,392}$
17,462	5,4	$\frac{494}{2,138}$	$\frac{610}{1,874}$	$\frac{773}{1,619}$	$\frac{954}{1,422}$	$\frac{1196}{1,236}$	$\frac{1514}{1,060}$	$\frac{1923}{0,912}$	$\frac{2442}{0,785}$	$\frac{3090}{0,677}$	$\frac{3815}{0,598}$	$\frac{4786}{0,520}$	$\frac{6057}{0,451}$
20,21	5,8	$\frac{531}{2,443}$	$\frac{656}{2,129}$	$\frac{830}{1,844}$	$\frac{1024}{1,619}$	$\frac{1285}{1,4031}$	$\frac{1626}{1,216}$	$\frac{2066}{1,050}$	$\frac{2623}{0,902}$	$\frac{3319}{0,775}$	$\frac{4098}{0,677}$	$\frac{5140}{0,589}$	$\frac{6506}{0,510}$
21,582	6,0	$\frac{549}{2,600}$	$\frac{678}{2,266}$	$\frac{858}{1,962}$	$\frac{1060}{1,726}$	$\frac{1329}{1,491}$	$\frac{1682}{1,296}$	$\frac{2137}{1,108}$	$\frac{2713}{0,961}$	$\frac{3434}{0,824}$	$\frac{4239}{0,726}$	$\frac{5317}{0,628}$	$\frac{6730}{0,540}$
24,623	6,4	$\frac{586}{2,923}$	$\frac{724}{2,560}$	$\frac{916}{2,217}$	$\frac{1130}{1,942}$	$\frac{1418}{1,687}$	$\frac{1795}{1,452}$	$\frac{2279}{1,256}$	$\frac{2894}{1,079}$	$\frac{3662}{0,932}$	$\frac{4522}{0,814}$	$\frac{5672}{0,706}$	$\frac{7178}{0,608}$
27,762	6,8	$\frac{623}{3,276}$	$\frac{769}{2,864}$	$\frac{973}{2,472}$	$\frac{1201}{2,168}$	$\frac{1501}{1,884}$	$\frac{1907}{1,628}$	$\frac{2422}{1,403}$	$\frac{3075}{1,207}$	$\frac{3892}{1,040}$	$\frac{4804}{0,912}$	$\frac{6026}{0,795}$	$\frac{7627}{0,687}$
29,42	7,0	$\frac{641}{3,453}$	$\frac{791}{3,021}$	$\frac{1000}{2,609}$	$\frac{1236}{2,286}$	$\frac{1551}{1,991}$	$\frac{1963}{1,717}$	$\frac{2493}{1,481}$	$\frac{3165}{1,275}$	$\frac{4006}{1,099}$	$\frac{4945}{0,961}$	$\frac{6204}{0,834}$	$\frac{7851}{0,726}$
33,746	7,5	$\frac{687}{3,924}$	$\frac{848}{3,434}$	$\frac{1075}{2,972}$	$\frac{1325}{2,600}$	$\frac{1662}{2,256}$	$\frac{2103}{1,952}$	$\frac{2571}{1,678}$	$\frac{3391}{1,452}$	$\frac{4292}{1,246}$	$\frac{5299}{1,099}$	$\frac{6647}{0,952}$	$\frac{8412}{0,824}$
38,357	8,0	$\frac{733}{4,424}$	$\frac{904}{3,856}$	$\frac{1145}{3,345}$	$\frac{1413}{2,933}$	$\frac{1772}{2,551}$	$\frac{2243}{2,217}$	$\frac{2849}{1,893}$	$\frac{3617}{1,628}$	$\frac{4578}{1,402}$	$\frac{5652}{1,236}$	$\frac{7090}{1,069}$	$\frac{8973}{0,922}$
43,36	8,5	$\frac{778}{4,954}$	$\frac{961}{4,326}$	$\frac{1216}{3,747}$	$\frac{1501}{3,286}$	$\frac{1885}{2,855}$	$\frac{2383}{2,462}$	$\frac{3027}{2,119}$	$\frac{3843}{1,824}$	$\frac{4864}{1,579}$	$\frac{6005}{1,383}$	$\frac{7533}{1,197}$	$\frac{8534}{1,030}$
48,56	9,0	$\frac{824}{5,513}$	$\frac{1017}{4,817}$	$\frac{1288}{4,169}$	$\frac{1590}{3,659}$	$\frac{1994}{3,169}$	$\frac{2524}{2,737}$	$\frac{3205}{2,364}$	$\frac{4069}{2,031}$	$\frac{5150}{1,756}$	$\frac{6359}{1,540}$	$\frac{7976}{1,334}$	$\frac{10095}{1,148}$
54,151	9,5	$\frac{870}{6,102}$	$\frac{1074}{5,327}$	$\frac{1359}{4,611}$	$\frac{1678}{4,042}$	$\frac{2105}{3,512}$	$\frac{2664}{3,031}$	$\frac{3383}{2,609}$	$\frac{4296}{2,246}$	$\frac{5437}{1,942}$	$\frac{6712}{1,697}$	$\frac{8419}{1,472}$	$\frac{10656}{1,275}$
60,04	10,0	$\frac{916}{6,71}$	$\frac{1130}{5,866}$	$\frac{1431}{5,072}$	$\frac{1766}{4,454}$	$\frac{2216}{3,865}$	$\frac{2804}{3,335}$	$\frac{3561}{2,874}$	$\frac{4522}{2,472}$	$\frac{5723}{2,139}$	$\frac{7065}{1,874}$	$\frac{8862}{1,619}$	$\frac{11216}{1,403}$

Примечание: В числителе дано количество проходящего по воздуховоду воздуха, м³/час; в знаменателе сопротивления трения, Па.

1.1.8. Подбор вентиляционного агрегата осуществляют по потребляемой производительности и потребному давлению, пользуясь характеристиками (рис. 1.2), представляющими собой графическую зависимость давления, к.п.д. и числа оборотов от производительности вентилятора.

В состав вентиляционного агрегата входят вентилятор и электродвигатель, приводящий в движение рабочее колесо вентилятора.

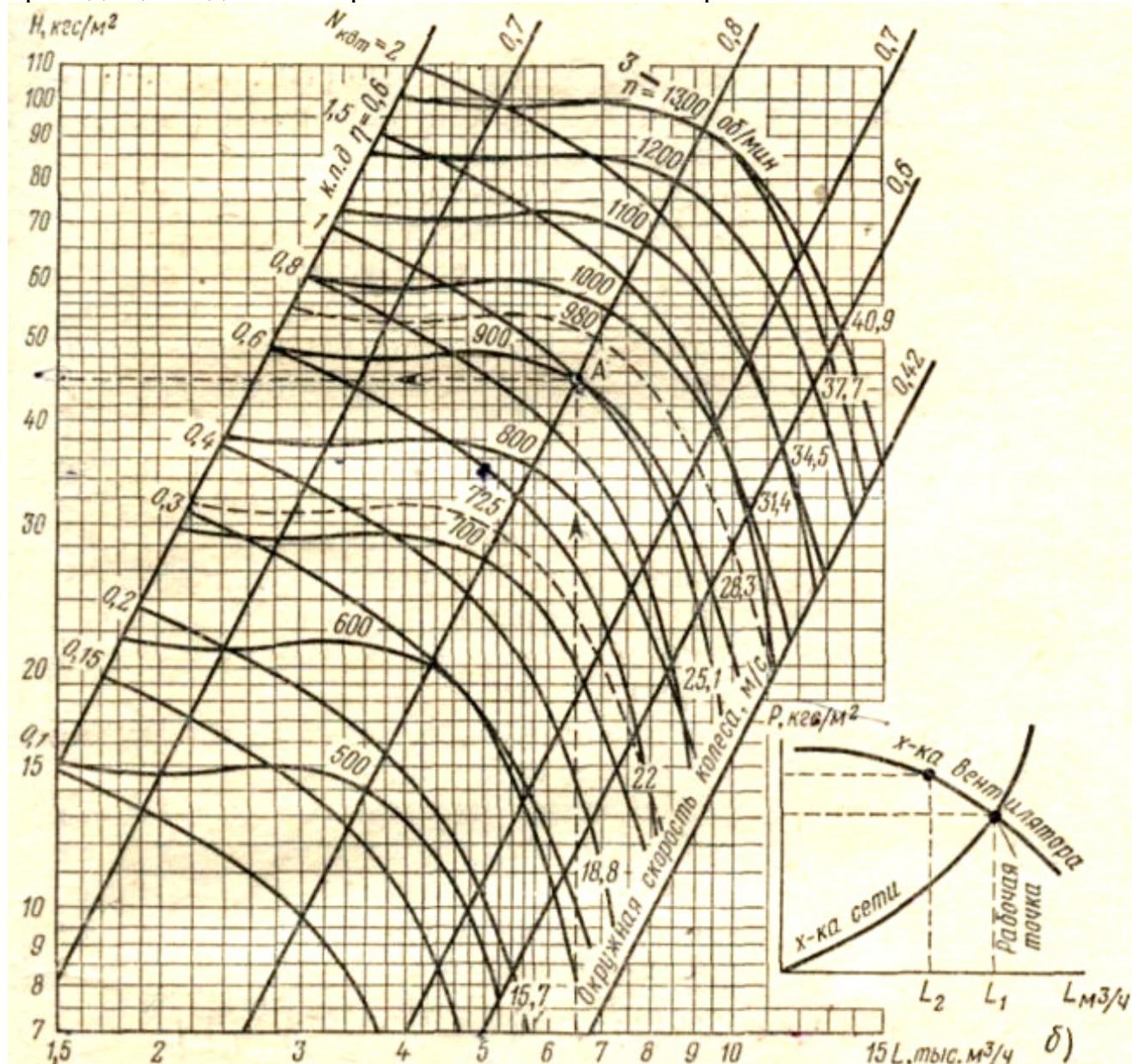


Рисунок 1.2 - Номограмма для выбора вентилятора

1.1.9. Пересчет производительности, давления и мощности вентилятора производится, если при подборе вентилятора полученные величины $L_{\text{вент}}$ и $P_{\text{вент}}$ не попадают на характеристику одного из вентиляторов, имеющих на графике, (номограмме) то принимают ближайший подходящий вентилятор, и, изменяя число оборотов вентилятора, получают требуемую по расчёту производительность и давление:

$$L_2 = L_1 \frac{n_2}{n_1}, \quad (1.15)$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2, \quad (1.16)$$

$$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3, \quad (1.17)$$

где n_1 – число оборотов по характеристике;

n_2 – число оборотов изменённое;

L_1, P_1, N_1 – соответственно производительность, давление и мощность по характеристике;

L_2, P_2, N_2 – производительность, давление и мощность расчётные.

1.1.10. Необходимую мощность электродвигателя определяют по формуле:

$$N_B = \frac{L_{\text{вент}} P_{\text{вент}}}{9,81 \cdot 3600 \cdot 102 \eta_B \eta_{\text{П}}}, \quad (1.18)$$

где N_B – мощность, потребляемая вентилятором, кВт;

η – к.п.д. вентилятора (по характеристике);

η – к.п.д. привода, принимаемый:

- для электровентиляторов – $\eta_{\text{П}} = 1,0$;

- для муфтового соединения – $\eta_{\text{П}} = 0,98$

- для клиноремённой передачи – $\eta_{\text{П}} = 0,95$.

1.1.11. Установочную мощность электродвигателя определяют по формуле:

$$N_{\text{уст}} = m \cdot N_d, \quad (1.19)$$

где m – коэффициент запаса мощности электродвигателей (табл. 1.7).

Таблица 1.7 – Коэффициент запаса мощности электродвигателей центробежных вентиляторов

Мощность на валу электродвигателя, кВт	До 0,5	От 0,5 до 1,0	От 1,0 до 2,0	Выше 2
Коэффициент запаса мощности, m	1,5	1,3	1,2	1,1

Электродвигатель подбирается по установочной мощности и числу оборотов вентилятора по таблице 1.8.

Таблица 1.8– Электродвигатели односкоростные

Мощность, кВт	Число об/мин	Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Число об/мин	Тип электродвигателя
0,6	1410	АиАЛ31-4	4,5	1440	АиАЛ 51-4
0,6	1410	АОиАОЛ31-4	4,5	1440	АОиАОЛ 51-4
0,6	2960	АОиАОЛ31,2	4,5	2870	АиАЛ 42-2
1,0	930	АиАЛ41-6	4,5	2900	АОиАОЛ 51-2
1,0	930	АОиАОЛ41-6	7,0	730	А 62-8
1,0	1410	АиАЛ 32-4	7,0	735	АО 63-8
1,0	1410	АОиАОЛ 32-4	7,0	970	А 61-6
1,0	2850	АиАЛ 31-2	7,0	980	АО 62-6
1,0	2890	АОиАОЛ 32-2	7,0	1440	АиАЛ 52-4
1,7	430	АиАЛ 42-8	7,0	1440	АиАОЛ 52-4
1,7	430	АОиАОЛ 42-8	7,0	2890	АиЛЛ51-2
1,7	1420	АиАЛ 41-4	7,0	2900	АиАОЛ 52-2
1,7	1420	АОиАОЛ 41-4	10,0	730	А 71-8
1,7	2850	АиАЛ 32-2	10,0	735	АО 72-8
1,7	2850	АОиАОЛ 41-2	10,0	970	А 62-6
2,8	450	ЛиАЛ 51-6	10,0	980	АО 63-6
2,8	430	АОиАОЛ 51-6	10,0	1450	А 61-4
2,8	1420	АиАЛ 42-4	10,0	1460	АО 52-4
2,8	1420	АОиАОЛ 42-4	10,0	2890	АиАЛ 52-2
2,8	2870	АиАЛ 41-2	10,0	2930	АО 62-2
2,8	2880	АОиАОЛ 42-2	14,0	730	А 72-8
4,5	730	А 61-8	14,0	735	АО 73-8
4,5	735	АО 62-8	14,0	970	А 71-6
4,5	960	АиАЛ 52-6	14,0	980	АО 72-6
4,5	960	АОиАОЛ 52-6	14,0	1450	А 62-4

Примечание:

1. Электродвигатели типа АО и АОЛ можно устанавливать вне зданий на открытом воздухе.
2. Электродвигатели типа А и АЛ можно устанавливать вне зданий под крышей.

1.2 Расчёт местной вентиляции. Местная приточная вентиляция служит для создания оптимального микроклимата в ограниченной зоне рабочего пространства. К ней относят воздушные души и оазисы, воздушные, воздушно-тепловые завесы, аспирационные кожухи, вытяжные зонты, шкафы (рис. 1.3).

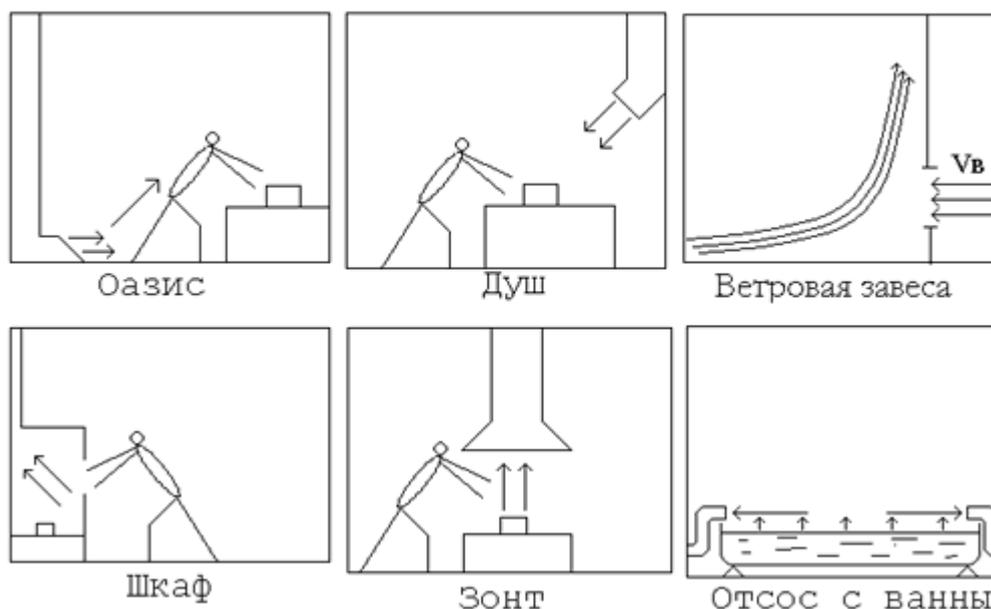


Рисунок 1.3 - Местные системы вентиляции.

1.2.1. Производительность воздушного душа, оазиса, зонта, шкафа определяется по формуле:

$$L_{\text{душ}} = 3600 \cdot b \cdot h \cdot v_{\text{ср}}, \quad (1.20)$$

где h, b – высота и ширина патрубка, подающего воздух, м;
 $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость потока воздуха, м/с, $v_{\text{ср}} = 1 - 3,5$ м/с, в зависимости от интенсивности теплового излучения).

1.2.2. Количество воздуха ($\text{м}^3/\text{ч}$), удаляемого *аспирационным кожухом*, определяется по формуле:

$$L_a = A \cdot D, \quad (1.21)$$

где A – размерный коэффициент, зависящий от диаметра круга, $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{мм})$.

Для заточных и шлифовальных станков с диаметром круга до 250 мм – $A = 2 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{мм})$;

- от 250 до 600 мм – $A = 1,8 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{мм})$;

- свыше 600 мм – $A = 1,6 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{мм})$.

Для полировальных станков с войлочными и матерчатыми кругами $A = 4 \dots 6 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{мм})$.

1.2.3. Количество воздуха, удаляемого *местным отсосом от сварочного стола*, ($\text{м}^3/\text{ч}$), можно определить по формуле:

$$L_a = k \sqrt[3]{I}, \quad (1.22)$$

где k - коэффициент для щелевого отсоса, $k = 12$;
 I - сила сварочного тока, А.

1.2.4. Количество воздуха, удаляемого **бортовыми отсосами с зеркала ванны**, определяется по формуле:

$$L_o = B \cdot b \cdot v_{щ} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot n \cdot 3600, \quad (1.23)$$

где B – ширина ванны, м;

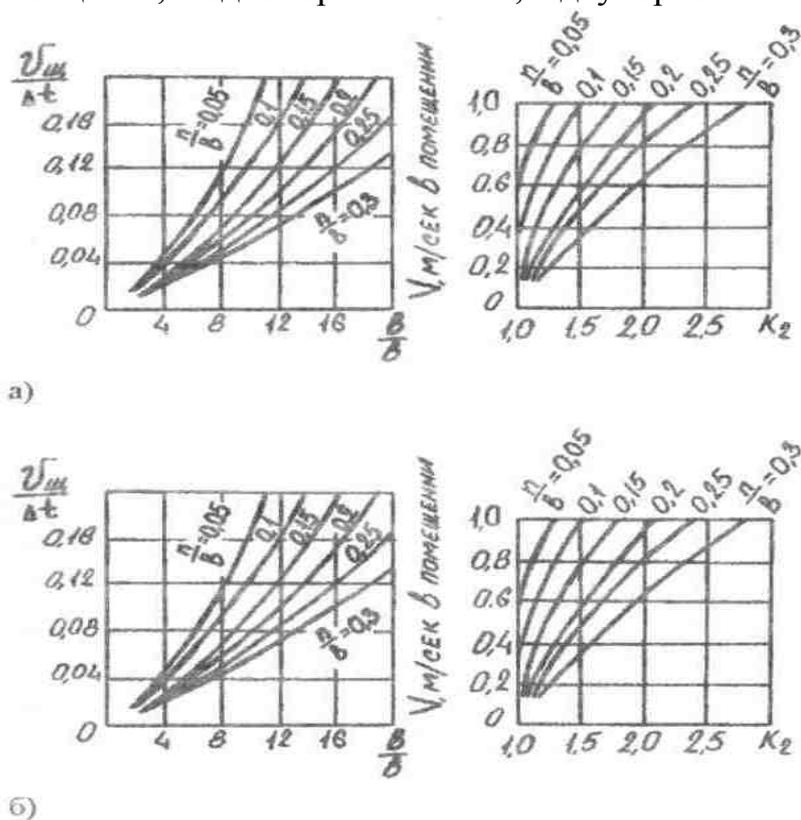
b – ширина щели, м;

$v_{щ}$ - скорость воздуха в щели бортового отсоса, м/с;

k_1 – коэффициент, учитывающий сопротивление движения воздуха от зеркала ванны к щели. При отсутствии штанг для подвеса деталей $k_1 = 1$; при наличии штанг $k_1 = 1,7$;

k_2 - коэффициент, учитывающий подвижность воздуха в помещении (рис. 1.4);

n – количество щелей, в однобортовых $n = 1$, в двубортовых $n = 2$.



а - двубортовой отсос; б - однобортовой отсос
 Рисунок 1.3 - Графики для расчета бортовых отсосов.

Ширина щелей b принимается из конструктивных соображений, но она не может быть менее 0,1 ширины ванны B и менее 50 мм.

1.2.5. Производительность вентиляции находят по формуле (м³/ч):

$$L = 3600 \cdot F \cdot v, \quad (1.24)$$

где F – площадь сечения воздуховода, м^2 ;

v – скорость движения воздуха в воздуховоде (м/с), измеряемая приборами контроля.

Качество вентиляции определяют сравнением установленной для данного производства нормы воздухообмена с фактической производительностью вентилятора.

1.2.6. Воздушные и воздушно-тепловые завесы устраивают для защиты от проникновения холодного воздуха в помещение. Подаваемый воздух к проемам, воротам подается через специальный воздуховод со щелью. Скорость воздуха 10-15 м/с. Поток направлен под углом к холодному воздуху. Количество холодного наружного воздуха, которое врывается в цех при бездействии воздушной завесы, можно рассчитать по формуле:

$$L_o = H \cdot B \cdot v_B, \quad (1.25)$$

где H, B - высота и ширина ворот, проема, м;

v_B - скорость ветра, м/с.

1.2.7. Количество холодного воздуха, проникающего в цех при наличии воздушной завесы, рассчитывают по формуле:

$$L_x = L_o \left(1 - \frac{h}{H}\right), \quad (1.26)$$

где h - высота воздушной завесы, м.

1.2.8. Количество воздуха, необходимое для **ветровой завесы**, определяют по формуле:

$$L_z = \frac{L_o - L_x}{\varphi \sqrt{\frac{H}{b} + 1}}, \quad (1.27)$$

где φ - функция, зависящая от угла наклона струи завесы α и коэффициента турбулентной структуры струи a ,

$$\varphi = \frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{\frac{b}{\cos \alpha} \operatorname{th} \frac{\sin \alpha \cdot \sin \alpha}{a}}, \quad (1.28)$$

где b - ширина щели, м;

α - угол наклона струи, $\alpha = 30 \dots 45^\circ$;

th - гиперболический тангенс;

a - коэффициент турбулентной структуры струи, $a = 0,07 \dots 0,24$.

1.2.9. Скорость воздуха при выходе из щели определяют по формуле:

$$v_{щ} = \frac{L_3}{B \cdot b}, \quad (1.29)$$

где В - ширина ворот, м;

b - ширина щели, м.

1.2.10. Среднюю температуру воздуха, попадающего в помещение, рассчитывают по формуле:

$$t_{cp} = \frac{L_3 \cdot t_{вн} + L_x \cdot t_n}{L_3 + t_3}, \quad (1.30)$$

где $t_{вн}, t_n$ - температура внутреннего и наружного воздуха, °С.

1.2.11 Количество воздуха, удаляемое **вытяжным зонтом**, находят по формуле:

$$L_3 = 3600 \cdot a \cdot b \cdot v \quad (1.31)$$

где а и b - размеры широкой приемной части зонта в плане, м;

v - скорость отсасываемого воздуха в приемной части зонта, м/с (табл. 1.9).

Таблица 1.9 - Скорость воздуха вытяжного зонта

Число открытых сторон зонта	Скорость v, м/с
четыре	1,05...1,25
три	0,90... 1,06
две	0,75...0,90
одна	0,50...0,75

1.2.12. Объем воздуха, удаляемого **вытяжными шкапами (без тепловыделений)**, определяется по формуле:

$$L_{ш} = 3600 \cdot F_n \cdot v_{ш}, \quad (1.32)$$

где $v_{ш}$ - скорость воздуха в открытом проеме шкафа, м/с;

F_n - площадь открытого проема, м².

Скорость воздуха $v_{ш}$ рекомендуется принимать в зависимости от ПДК вредных выделений:

для ПДК меньше 10 мг/м³ $v_{ш} = 1,1...1,5$ м/с;

для ПДК от 10 до 50 мг/м³ $v_{ш} = 0,7... 1,0$ м/с;

для ПДК более 50 мг/м³ $v_{ш} = 0,4...0,6$ м/с.

1.2.13. Объем воздуха, удаляемого *вытяжными шкафами (с тепловыделениями)* определяется по формуле:

$$L_{ш} = 75\sqrt[3]{H \cdot Q \cdot F_n^2}, \quad (1.33)$$

где H - высота рабочего проема, м;

Q - количество выделяющегося тепла, кДж/ч.

1.3. Расчет естественной вентиляции

Естественная вентиляция чаще всего осуществляется через вытяжные трубы прямоугольного или круглого сечения, проходящие через потолочное перекрытие и крышу здания.

Воздух перемещается по вытяжным трубам за счет разной плотности его снаружи и внутри помещения (тепловой напор), а также под действием ветра при одинаковых плотностях воздуха (ветровой напор).

Бесканальную естественную вентиляцию применяют в помещениях большого объема. При этом удаление воздуха происходит через верхние световые фонари, в которых делают открывающиеся фрамуги.

Расчет естественной вентиляции начинают с определения воздухообмена по одной из вышеприведенных формул: (1.1)...(1.6).

1.3.1. Разность давлений в каналах при тепловом напоре определяют по формуле:

$$\Delta H_T = h \cdot 9,81(\rho_n - \rho_e), \quad (1.34)$$

где h – высота вытяжной трубы или расстояние между серединами проточных и вытяжных каналов, м;

ρ_n, ρ_e – плотность наружного и внутреннего воздуха, кг/м³.

1.3.2. Разность давлений при ветровом напоре определяют по формуле:

$$\Delta H_e = \pm \psi_e \cdot v_e^2 \cdot \rho_n, \quad (1.35)$$

где ψ_e – экспериментальный ветровой коэффициент, зависящий от конструкции здания, $\psi_e = 0,70 \dots 0,85$ – наветренная сторона, $\psi_e = -0,30 \dots -0,45$ – заветренная сторона;

v_e – скорость ветра, м/с.

1.3.3. Скорость движения воздуха в вытяжных трубах находят по формуле:

$$v_T = \mu \sqrt{\frac{2g\Delta H}{\rho_n}}, \quad (1.36)$$

где μ – коэффициент, учитывающий сопротивление, зависящее от формы и качества стенок трубы (канала), $\mu = 0,5 \dots 0,65$.

1.3.4. Суммарную площадь вытяжных труб находят по формуле:

$$\Sigma F_{\tau} = \frac{L}{3600 \cdot \nu}, \quad (1.37)$$

где L – необходимый воздухообмен, м³/ч.

1.3.5. Задаваясь конструктивными размерами вытяжной трубы, определяют число вытяжных каналов по формуле:

$$m = \frac{\Sigma F_{\tau}}{f}, \quad (1.38)$$

где f – площадь одного канала, м²; $f = \frac{\pi d^2}{4}$ – трубы круглого сечения диаметром d , м²; $f = a \cdot b$ – трубы прямоугольного сечения, м²; $f = a^2$ – трубы квадратного сечения, м².

Для усиления вытяжки воздуха через каналы на верхнюю часть вытяжной трубы монтируют дефлектор.

1.3.6. Производительность дефлектора (м³/ч) находят по формуле:

$$L_{\delta} = 3600 \frac{\pi d_{\delta}^2}{4} \nu_{\delta}, \quad (1.39)$$

где ν_{δ} – скорость движения воздуха в трубе, м/с, $\nu_{\delta} = (0,2 \dots 0,4) \nu_{\delta}$;
 d_{δ} – диаметр дефлектора, м.

1.3.7. Производительность дефлектора можно определить через требуемый воздухообмен по формуле:

$$L_{\delta} = \frac{L_{\tau}}{n}, \quad (1.40)$$

где n – число дефлекторов;
 L_m – требуемый воздухообмен, м³/ч.

1.3.8. Необходимый диаметр дефлектора:

$$d_{\delta} = 0,018 \sqrt{\frac{L_{\delta}}{\nu_{\delta}}}, \quad (1.41)$$

2. Расчет отопления производственных помещений

В агропромышленном производстве применяют местное и центральное отопление.

Местное отопление – печное, электрическое или газовое – разрешается применять в помещениях общей площадью не более 500 м².

В основном применяется центральное отопление, которое наиболее эффективно. Центральное отопление может быть водяным, паровым, пароводяным и воздушным.

Для расчета любой системы отопления необходимо предусмотреть возмещение отоплением всех теплопотерь в производственных помещениях.

2.1. Расчет водяного отопления

В холодное время года тепло теряется путем теплопередачи через стены, потолок, пол, а также через естественное и искусственное вентилирование помещений.

Тепло теряется при въезде машин и ввозе материалов, находившихся на холодном воздухе в помещение. Тепло теряется с горячей водой на технологические нужды.

2.1.1. Теплопотери Q_o (B_T) через наружные ограждения и здания определяют по формуле:

$$Q_o = q_o V_n (t_b - t_n), \quad (2.1)$$

где q_o – удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м³·°C), (табл.2.1, 2.2);

V_n – наружный объем здания или его отапливаемой части, м³;

t_b – расчетная внутренняя температура помещений, °C (для жилых зданий $t_b = 18...20$; для горячих цехов $t_b = 12...14$; для производственных зданий $t_b = 15$);

t_n – расчетная наружная температура воздуха для самого холодного времени года, °C ($t_n = -30$).

Таблица 2.1 – Значение удельной характеристики зданий

Наименование зданий	Удельная тепловая характеристика при строительной кубатуре, тыс.м ³				
	до 3	5	10	20	50
Жилые	0,42	0,38	0,33	0,29	50
Административные	–	0,43	0,38	0,32	–
Механосборочные	–	0,55	0,45	0,43	0,40
Ремонтные	–	0,60	0,50	0,45	–
Деревообрабатывающие	0,6	0,55	0,45	–	0,40

Таблица 2.2 – Значение удельной тепловой характеристики q_0 зданий различного назначения

Здание	Объем здания, тыс.м ³	q_0 , Вт/м ³ ·°С
Сельскохозяйственная ремонтная мастерская	До 5	0,75-0,64
	от 5 до 10	0,69-0,60
Склад	от 1 до 2	0,87-0,75
Административное	от 0,5 до 1	0,69-0,52

2.1.2. Количество тепла Q_e (Вт), необходимое для возмещения тепла потерь через вентилирование помещений, определяют по формуле:

$$Q_e = q_e V_n (t_e - t_n), \quad (2.2)$$

где q_e – удельный расход тепла на нагревание 1 м³ воздуха, Вт/(м³·°С), (для производственных помещений $q_e = 0,9...1,5$; для административных помещений $q_e = 0,67...0,9$; для бытовых помещений $q_e = 0,31...0,42$);

V_n – наружный объем здания, м³;

t_e – расчетная внутренняя температура помещений, °С;

t_n – расчетная наружная температура воздуха для самого холодного времени года, °С ($t_n = -30$).

2.1.3. Потери тепла Q_n (Вт) от поглощения его ввозимыми машинами и материалами определяют по формуле:

$$Q_n = k_M G \left(\frac{t_e - t_n}{\tau} \right) \frac{1}{3,8}, \quad (2.3)$$

где k_M – массовая теплоемкость машин и материалов, кДж/кг·°С, (для металлов $k_M = 0,4$);

G – масса машин или материалов, ввозимых в помещение, кг;

t_n – температура ввозимых машин и материалов, °С, (для машин $t_n = -30$; для сыпучих материалов на 20 выше температуры наружного воздуха; для несыпучих на 10 выше температуры наружного воздуха);

τ – время нагрева машин и материалов до температуры помещения, ч.

2.1.4. Расход тепла на технологические нужды определяется через расход нагретой воды:

$$Q_m = Q \left(i - \frac{P}{100} i_B \right) \frac{1}{3,8}, \quad (2.4)$$

где Q – расход воды или пара, кг/ч;

i – теплосодержание воды или пара, кДж/кг (табл. 2.3);

i_B – теплосодержание возвращаемого в котел конденсата, кДж/кг (табл. 2.3.);

P – количество возвращаемого конденсата, %.

При полном возврате конденсата $P = 70\%$, при отсутствии возврата $P = 0$.

Таблица 2.3 – Давление и теплосодержание пара

Давление кПа	Температура, °С	Теплосодержание, кДж/кг		Давление кПа	Температура, °С	Теплосодержание, кДж/кг	
		воды	пара			воды	пара
9,81	101,8	426	2680	70,57	115,0	481	2700
19,62	104,2	438	2681	98,10	119,6	508	2708
29,43	106,6	447	2688	196,2	132,9	555	2728
39,24	108,7	456	2690	490,5	158,1	664	2760
49,05	110,8	465	2694	981,0	183,2	765	2785
60,86	112,7	424	2698	1275,3	194,1	822	2793

2.1.5. Расчет тепла Q_9 (Вт), выделяемого электродвигателями, производят по формуле:

$$Q_9 = N k_1 k_2 \frac{1-n}{n}, \quad (2.5)$$

где N – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

k_1 – коэффициент загрузки ($k_1 = 0,7 \dots 0,9$);

k_2 – коэффициент одновременности работы ($k_2 = 0,5 \dots 1,0$);

n – коэффициент полезного действия (КПД) электродвигателя при данной нагрузке ($n = 0,91 \dots 1,0$);

n_n – коэффициент полезного действия при полной нагрузке, определяемый по каталогу ($n_n = 0,75 \dots 0,92$).

2.1.6. Количество тепла Q_{90} (Вт), выделяемое оборудованием с электродвигателями, определяют по формуле:

$$Q_{90} = N \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (2.6)$$

где k_3 – коэффициент, учитывающий долю энергии, переходящей в теплоту при работе оборудования ($k_3 = 0,1 \dots 1,0$).

2.1.7. Количество тепла Q_{cm} (Вт), выделяемое работающими станками в механических и сборочных цехах, определяют по формуле:

$$Q_{cm} = 0,25 \cdot N. \quad (2.7)$$

где N – установленная мощность станков, Вт.

2.1.8. Количество тепла $Q_{cmв}$ (Вт), выделяемое осветительными приборами:

$$Q_{cmв} = N_{осв} \cdot h, \quad (2.8)$$

где $N_{осв}$ – мощность осветительных приборов, Вт;
 h – коэффициент перехода электрической энергии в тепловую ($h = 0,92...0,97$).

2.1.9. Количество тепла Q_l (Вт), выделяемое людьми:

$$Q_l = n g, \quad (2.9)$$

где n – количество людей в помещении;
 g – явное количество тепла, выделяемое одним человеком, (при температуре $20\text{ }^\circ\text{C}$ и тяжелой работе $g = 120$ Вт, при легкой работе и той же температуре $g = 90$ Вт).

2.1.10. Приток тепла от нагретых поверхностей оборудования и трубопроводов Q_n (Вт) определяется по формуле:

$$Q_n = \sum S_i \cdot a_i \cdot (t_{ni} - t_g), \quad (2.10)$$

где $\sum S_i$ – суммарная площадь нагретых поверхностей оборудования и трубопроводов, м^2 ;

a_i – коэффициент теплопередачи i -той поверхности, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

t_{ni} – температура i -той поверхности, $^\circ\text{C}$;

t_g – температура внутри помещения, $^\circ\text{C}$.

Коэффициент теплопередачи для вертикальных поверхностей:

– при $(t_{ni} - t_g) < 5\text{ }^\circ\text{C}$ $a = 3,8...4,1\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

– при $(t_{ni} - t_g) > 5\text{ }^\circ\text{C}$ $a = 5,2...7,5\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

2.1.11. Общие суммарные потери тепла составят:

$$\sum Q = Q_o + Q_g + Q_n + Q_m - Q_{\text{э}} - Q_{\text{эо}} - Q_{\text{ст}} - Q_{\text{осв}} - Q_l - Q_n \quad (2.11)$$

2.1.12. По суммарным теплопотерям P_k (кВт) находят тепловую мощность котла:

$$P_k = (1,1...1,15) \cdot \sum Q \cdot 10^3 \quad (2.12)$$

На производстве котлы часто характеризуют их теплопроизводительностью в Вт. Последнюю можно определить по давлению пара в котле и его теплосодержанию (табл. 2.3).

Центральное водяное отопление помещений осуществляется нагревательными приборами-радиаторами.

2.1.13. При расчете необходимого количества радиаторов находят общую площадь поверхности $\sum F_{nm}$ (м^2) нагревательных приборов по формуле:

$$\sum F_{nm} = \frac{\sum Q_n}{k_T \left(\frac{t_2 + t_x}{2} - t_n \right)}, \quad (2.13)$$

где ΣQ_n – суммарные потери тепла в помещении, Вт;
 k_m – коэффициент теплопередачи стенками нагревательных приборов в воздухе, (для чугунных радиаторов $k_m = 7,4$; для стальных радиаторов $k_m = 8,3$);
 t_2 – температура воды или пара при входе в радиатор, °С, (для водяных радиаторов низкого давления $t_2 = 85...95$, высокого давления $t_2 = 120...125$, для паровых радиаторов $t_2 = 110...115$);
 t_x – температура воды или пара при выходе из радиатора, °С, (для водяных радиаторов низкого давления $t_x = 65...75$, для водяных и паровых радиаторов высокого давления $t_x = 95$);
 t_n – принятая температура воздуха в помещении, °С.

2.1.14. По площади ΣF_{mn} определяют необходимое количество n_0 секций нагревательных приборов:

$$n_0 = \frac{\Sigma F_{mn}}{F_o}, \quad (2.14)$$

где F_o – площадь одной секции радиатора, зависящая от его марки, м², (таблица 2.4).

Площадь поверхности ребристых труб диаметром 175 мм составляет 2м² на 1 м длины.

Таблица 2.4 – Площадь секции

Марка радиатора	Площадь секции
Москва – 132, Москва – 150	0,25
Минск – 110	0,27
Гигиенический	0,175
Экономия	0,2
Чугунных труб с крутыми ребрами при длине 2000 мм.	4,0
Чугунных труб с крутыми ребрами при длине 1500 мм.	3,0
Чугунных труб с крутыми ребрами при длине 1000 мм.	2,0

2.2. Расчет калориферного отопления

В том случае, если в производственном помещении предусматривается воздушное отопление, расчет и выбор калориферов производятся следующим образом.

2.2.1. Определяют расход тепла на нагрев воздуха (ккал/ч) внутри помещения:

$$Q_B = c_B G_B (t_B - t_H), \quad (2.15)$$

где $c_{\text{в}}$ – теплоемкость воздуха, ккал/кг °С, ($c_{\text{в}} = 0,24$);
 $G_{\text{в}}$ – количество нагреваемого воздуха, кг/ч;
 $t_{\text{в}}$ – температура воздуха внутри помещения, °С;
 $t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха ($t_{\text{н}} = -30$).

2.2.2. Задаваясь массовой скоростью воздуха v_r в пределах экономически выгодной, определяют предварительно живое сечение F_k (м²) калориферной установки:

$$F_k = \frac{G_{\text{в}}}{3600v_r}, \quad (2.16)$$

где $G_{\text{в}}$ – количество нагреваемого воздуха, кг/ч;
 v_r – массовая скорость воздуха, кг/(м²·°С), ($v_r = 5 \dots 10$).

По расчетному живому сечению и техническим характеристикам подбирают модель и номер калорифера (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Техническая характеристика калориферов

Модель	Номер	Поверхность нагрева, м ²	Живое сечение для прохода, м		Вес с оцинковкой
			воздуха	теплоносителя	
КФБ	2	12,7	0,115	0,0061	70
	3	16,9	0,154	0,0082	91
	4	21,4	0,195	0,0082	110
	5	26,8	0,244	0,0102	130
	6	32,4	0,295	0,0102	160
	7	38,9	0,354	0,0122	193
	8	45,7	0,416	0,0122	221
	9	53,3	0,486	0,0143	255
	10	61,2	0,558	0,0143	289
	КФС	2	9,9	0,115	0,0046
3		13,2	0,154	0,0061	72
4		16,7	0,195	0,0061	87
5		20,9	0,244	0,0076	108
6		25,3	0,295	0,0076	127
7		30,4	0,354	0,0092	154
8		35,7	0,416	0,0092	175
9		41,6	0,486	0,0107	202
10		47,8	0,558	0,0107	228

При параллельном подключении двух калориферов живое расчетное сечение выбираемых калориферов уменьшается в два раза.

2.2.3. Рассчитываем массовую скорость v_r (кг/(м²·с)) воздуха для принятой установки:

$$V_r = \frac{G_B}{3600 F_{кф}}, \quad (2.17)$$

где $F_{кф}$ – фактическое живое сечение выбранных калориферов, м².

2.2.4. Находят скорость движения воды в трубках калорифера по формуле:

$$V_{Tm} = \frac{Q_e}{3600 C_B S_B f_{TP} (t_1 - t_2)}, \quad (2.18)$$

где f_{mp} – полное сечение для прохода воды в калорифере, м²;
 t_1 – температура воды при входе в калорифер, °С;
 t_2 – температура воды при выходе из калорифера, °С;
 S_B – плотность внутреннего воздуха, кг/м³.

Исходя из расчетной массовой скорости воздуха v_r определяют коэффициент теплопередачи k_T калорифера (таблица 2.6.).

Таблица 2.6 – Коэффициент теплопередачи калориферов КФС и КФБ k_m , ккал/(м²·час·град)

Тепло-носитель	Скорость движения теплоносителя по трубкам, м/сек	Весовая скорость воздуха v_r , кг/м ² сек						
		2	4	6	8	10	12	14
Вода	0,01	7,3	8,9	10,1	11	11,9	12,4	13
	0,03	9,4	11,5	12,9	14,2	15,1	15,9	16,6
	0,06	10,9	13,4	15,1	16,5	17,6	18,6	19,4
	0,1	12,3	15,1	17,0	18,5	19,7	20,8	22,3
	0,2	14,3	17,6	19,8	21,6	23,1	24,3	25,5
	0,3	15,7	19,2	21,7	23,7	25,3	26,7	27,9
	0,4	16,7	20,5	23,2	25,2	27	28,4	29,8
	0,5	17,6	21,6	24,4	25,9	28,4	29,9	31,3
	0,6	18,3	22,5	25,3	27,6	29,5	31,1	32,6
	0,7	18,5	22,8	25,6	27,8	29,8	31,5	33
	0,8	18,7	23	25,9	28,2	30,2	31,8	33,3
1	19	23,4	26,3	28,7	30,7	32,4	33,9	
Пар	–	13,4	17,9	21,2	24,0	26,3	28,4	30,3

2.2.5. Определяют расчетную поверхность нагрева $F_{рас}$ (м²) калорифера по формуле:

$$F_{рас} = \frac{Q_B}{k_T (t_{CP,T} - t_{CP,B})}, \quad (2.19)$$

где $t_{cp.m}$ – средняя температура теплоносителя, которая принимается равной для воды $(t_1 - t_2)/2$, для насыщенного пара при давлении до 0,03 атмосфер (100°С), более 0,3 атмосфер – температура пара;

$t_{cp.в}$ – средняя температура воздуха равна полусумме начальной и конечной температуры воздуха в помещении:

$$t_{cp.в} = \frac{(t_n + t_k)}{2}.$$

2.2.6. Проводим расчет количества устанавливаемых калориферов по формуле:

$$n_{рас.к} = \frac{F_{рас}}{F_k}, \quad (2.20)$$

где $F_{рас}$ – расчетная поверхность нагрева выбранного калорифера, м² (таблица 2.5.);
 F_k – поверхность нагрева одного калорифера, м².

2.2.7. Определяем суммарную площадь калориферной установки $\sum F_{уст}$ (м²):

$$\sum F_{уст} = n_{ар} \cdot F_k \quad (2.21)$$

где $n_{ар}$ – фактическое число калориферов в установке.

При v_r из таблицы 2.7 определяем сопротивление движению воздуха в установке.

При выполнении этого раздела в данной курсовой работе, самим выбрать тип отопления, исходя из условий экономичности и целесообразности выбранного отопления.

Таблица 2.7 – Сопротивление движению воздуха (Δp)
 через калориферы КФС и КФБ, кг/м²

Модель калорифера	Весовая скорость воздуха v_r , кг/м ² сек						
	2	4	6	8	10	12	14
КФС	0,75	2,4	4,8	7,8	11,5	15,6	20,6
КФБ	0,91	3	5,9	9,5	14	19	25

3. Электробезопасность

3.1. Расчет тока через человека

Проходя через организм электрический ток приводит в двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам. Исход воздействия электрического тока зависит от ряда факторов, в том числе от сопротивления тела человека, величины и длительности протекания через него тока, рода и частоты тока и индивидуальных свойств человека.

3.1.1. Величина тока (А), проходящего через тело человека при линейном (двухфазном) касании:

$$J = \frac{U_{л}}{R}, \quad (3.1)$$

где $U_{л}$ – линейное напряжение, В; $U_{л} = 380$;
 $R_{ч}$ – сопротивление тела человека, Ом, (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Зависимость сопротивления тела человека от приложенного напряжения

Ток через человека, (мА)	1,000	6,000	65,000	75,000	100,000	250,000
Приложенное напряжение, (В)	6,000	18,000	75,000	80,000	100,000	175,000
Сопротивление тела человека, (кОм)		6,000	3,000	1,150	1,065	0,700

3.1.2. При однофазном прикосновении к сети с заземленной нейтралью ток через человека определяется по формуле:

$$J = \frac{U_{\phi}}{R_{общ}}, \quad (3.2)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение, В, $U_{\phi} = 220$;
 $R_{общ}$ – общее сопротивление, Ом, $R_{общ} = R_{ч} + R_{об} + R_{н} + R_{з}$,
где $R_{об}$ – сопротивление обуви, Ом;
 $R_{н}$ – сопротивление пола, Ом;
 $R_{з}$ – сопротивление земли, Ом.

3.1.3. При однофазном прикосновении к сети с изолированной нейтралью:

$$J = \frac{U_{\phi}}{R_{общ} + \left(\frac{R_{из}}{3}\right)}, \quad (3.3)$$

где $R_{из}$ – сопротивление несовершенной изоляции, Ом.

Длительно допустимое напряжение прикосновения:

$$U_{прд} = J_{чд} \cdot R_{ч}, \quad (3.4)$$

где $J_{\text{чд}}$ – длительно допустимый ток, (мА), $J_{\text{чд}} = 10$.

Случаи поражения человека током возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело или, иначе говоря, при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует некоторое напряжение.

Основные причины несчастных случаев от воздействия электрического тока следующие:

- случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

- появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования - корпусах, кожухах и т. п. - в результате повреждения изоляции и других причин;

- появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;

- возникновение шагового напряжения на поверхности земли в результате замыкания провода на землю.

Основными мерами защиты от поражения током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, для случайного прикосновения;

- защитное разделение сети;

- устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, что достигается применением двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением:

- применение специальных защитных средств переносимых приборов и приспособлений;

- организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Защитное разделение сети – разделение разветвленной сети на отдельные небольшие по протяженности и электрически не связанные между собой участки, которое осуществляется с помощью разделительных трансформаторов.

Защитное заземление – преднамеренное соединение с землей металлических частей оборудования, не находящихся под напряжением в обычных условиях, но которые могут оказаться под напряжением в результате нарушения изоляции электроустановки.

3.2. Расчет заземления

3.2.1. Определяется расчетный ток замыкания на землю и норма на сопротивление заземления по правилам устройства электроустановок (ПУЭ) в зависимости от напряжения, режима нейтрали.

3.2.2. Определяют сопротивление заземлителя, который выполнен в дополнение к естественному заземлителю, по формуле:

$$R_{03} = \frac{R_e \cdot R_d}{R_e + R_d}, \quad (3.5)$$

где R_d – дополнительное сопротивление заземления, Ом ($R_d = 4$ Ом в установках до 1000 В, $R_d = 10$ Ом в установках выше 1000 В);

R_e – сопротивление растеканию тока естественных заземлителей, Ом.

Сопротивление естественных заземлителей выбирают по специальным номограммам.

Экспериментально установлено, что 100 м обсадных труб артезианских скважин при $\rho = 1 \cdot 10^4$ Ом·м имеют сопротивление растеканию 0,6...0,8 Ом; 1м² металлических конструкций, соприкасающихся с землей – 20 Ом.

3.2.3. Определяется расчетное удельное сопротивление грунта с учетом климатического коэффициента (таблица 3.2, 3.3) по формуле:

$$\rho_{рас} = \rho \cdot \Psi, \quad (3.6)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·см

Ψ – климатический коэффициент.

Таблица 3.2 – Приближенные значения удельных сопротивлений грунта

Характер грунта	Сопротивление, Ом·см
Песчаная почва	40000...70000
Супесчаная почва	15000...30000
Суглинок	5000...15000
Глина	7000...8000
Чернозем	1000...2000

Таблица 3.3 – Значение расчетных климатических коэффициентов сопротивления грунта

Грунт	Глубина заложения, м	Ψ_1 (влажн. гр.)	Ψ_2 (средн. вл.)	Ψ_3 (сухой грунт)
Суглинок	0,8...3,8	2,0	1,5	1,4
Садовая земля до глубины 0,6м, ниже - слой глины	0...3,0	-	1,32	1,2
Гравий с примесью глины, ниже – глина	0...2,0	1,3	1,2	1,1
Известняк	0...2,0	2,5	1,51	1,2
Гравий с примесью песка	0...2,0	1,5	1,3	1,2
Торф	0...2,0	1,4	1,1	1,0
Песок	0...2,0	2,4	1,56	1,2
Глина	0...2,0	2,4	1,36	1,2

3.2.4. Рассчитывается сопротивление одного вертикального заземлителя по формулам (таблица 3.5) или по упрощенным формулам:

$$\begin{aligned}
 & \text{-трубчатого } R_{mp} = 0,009 \cdot \rho / l_{mp}; \\
 & \text{-из угловой стали 50x50 мм длиной 2,5 м } R_{yz} = 0,000032\rho; \\
 & \text{-из угловой стали 60x60 той же длины } l_{yz} = 0,00003\rho; \\
 & \text{-из полосы, проволоки } R_{п} = 0,0002 \rho / l,
 \end{aligned}
 \tag{3.7}$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

l – длина проволоки, полосы, трубы, м

Следует учесть, что искусственные заземлители обычно выполняют из металлических труб диаметром 35...50 мм, толщиной стенок не менее 3,5 мм и длиной 2...3м, или полосами сечением 48...100 мм².

Наименьшие размеры стальных искусственных заземлителей приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Наименьшие размеры стальных искусственных заземлителей

Диаметр круглых (прутковых) заземлителей, мм	
- неоцинкованных	10
- оцинкованных	6
Сечение прямоугольных заземлителей, мм ²	48
Толщина прямоугольных заземлителей, мм ²	4
Толщина полок угловой стали, мм	4

3.2.5. Определяется количество стержней в очаге заземления по формуле:

$$n = \frac{R_{оз} n_{сез}}{R_{д} n_{ст}}, \tag{3.8}$$

где $n_{сез}$ – коэффициент сезонности (для северных районов $n = 2,3$, для средней полосы $n = 1,6$, для южных районов $n = 1,5$);

$n_{ст}$ – коэффициент использования заземлителей, (таблица 3.6);

$R_{оз}$ – сопротивление одиночного заземлителя, Ом;

$R_{д}$ – допустимое сопротивление заземления, Ом.

3.2.6. Рассчитывается сопротивление растекания тока стержнями очага заземления по формуле:

$$R_{ст.оч} = \frac{R_3}{n \cdot n_{сп}}, \tag{3.9}$$

3.2.7. Рассчитывается длина соединительной полосы:

$$l_n = 1,05 \cdot a \cdot n, \tag{3.10}$$

где a – расстояние между стержнями (обычно 2,5...3 м).

3.2.8. Рассчитывается сопротивление растеканию тока соединительной полосы, по формуле в таблице 3.5.

3.2.9. Проводится корректировка сопротивления растеканию тока полосы очага заземления с учетом коэффициентов и сезонности по формуле :

$$R_{n.оч} = \frac{R_n n_{сез}}{n_n}, \quad (3.11)$$

где n_n – коэффициент использования полосы (таблица 3.7).

3.2.10. Результирующее сопротивление заземляющего устройства из вертикальных стержней и соединительной полосы:

$$R_{общ} = \frac{R_{ст.оч} \cdot R_{н.оч}}{R_{ст.оч} + R_{н.оч}}, \quad (3.12)$$

Таблица 3.5 – Формулы для вычисления сопротивления одиночных заземлителей растеканию тока

Тип заземлителя	Схема	Формула	Дополнительные указания
Трубчатый или стержневой у поверхности грунта		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	$l \gg d$
Трубчатый или стержневой в грунте		$R = \frac{\rho}{2\pi l} (\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+1}{5H-1})$	$H_0 > 0,5 \text{ м}$
Протяженный круглого сечения – труба, кабель и т.п. на поверхности грунта		$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}$	$l \gg d$
Протяженный круглого сечения в грунте		$R = \frac{\rho}{2D}$	$\frac{l}{H} \geq 5$
Протяженный полосовой на поверхности грунта			$l \gg b$
Протяженный – полоса в грунте		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bH}$	$\frac{l}{H} \geq 5$
Круглая пластина в грунте		$R = \frac{\rho}{4D} (1 + \frac{2}{\pi} \times \arcsin \frac{D}{\sqrt{16H^2 + D^2}})$	$D < 2H$
Пластинчатый в грунте		$R = \frac{\rho}{4\sqrt{\pi F}} (\frac{\pi}{2} + \arcsin \sqrt{\frac{F}{4\pi H^2 + F}})$	$H > \sqrt{\frac{F}{\pi}}$ F – площадь пластины, м; $F = a \cdot b$

Таблица 3.6 – Коэффициенты использования заземлителей из труб или уголков без учета влияния полосы связи

Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине	При размещении в ряд		При размещении по контуру	
	Число труб (уголков)	η ст	Число труб (уголков)	η ст
1	2	0,84-0,87	4	0,66-0,72
	3	0,76-0,80	6	0,58-0,65
	5	0,67-0,72	10	0,52-0,58
	10	0,56-0,62	20	0,44-0,50
	15	0,51-0,56	40	0,38-0,44
	20	0,47-0,50	60	0,36-0,42
2	2	0,90-0,92	4	0,76-0,80
	3	0,85-0,88	6	0,71-0,75
	5	0,79-0,83	10	0,66-0,71
	10	0,72-0,77	20	0,61-0,66
	15	0,66-0,75	40	0,55-0,61
	20	0,65-0,70	60	0,52-0,58
3	2	0,93-0,95	4	0,84-0,86
	3	0,90-0,92	6	0,78-0,82
	5	0,85-0,88	10	0,74-0,75
	10	0,79-0,83	20	0,68-0,73
	15	0,76-0,80	40	0,64-0,69
	20	0,74-0,79	60	0,62-0,67

Таблица 3.7 – Коэффициент использования соединительной полосы заземлителей из труб или уголков

Отношение расстояния между заземлителями к их длине	Число труб (уголков) заземлителя						
	4	8	10	20	30	50	60
При расположении полосы в ряду труб или уголков							
1	0,77	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21	0,20
2	0,89	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36	0,27
3	0,92	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49	0,36
При расположении полосы по контуру труб (уголков)							
1	0,45	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21	0,20
2	0,55	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,27
3	0,70	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37	0,36

3.3. Расчет зануления

Зануление состоит в соединении корпусов оборудования, которое может оказаться под напряжением в результате нарушения изоляции, с нулевым защитным проводником.

Принцип действия зануления – превращение пробоя на корпус в однофазное короткое замыкание, то есть образование цепи короткого замыкания: корпус – нулевой провод – фазная обмотка трансформатора. В результате однофазного короткого замыкания перегорают плавкие вставки предохранителей и отключается поврежденный участок сети.

3.3.1 Условие надежного срабатывания защиты:

$$J_{кз} = k \cdot J_n, \quad (3.13)$$

где $J_{кз}$ – ток короткого замыкания, А;

J_n – номинальный ток плавкой вставки предохранителя или ток срабатывания автомата, А;

k – коэффициент кратности защиты:

- для плавких предохранителей $k=3$;
- для автоматов защиты $k=1,25 \dots 1,4$;
- для взрывоопасных помещений $k=4$

3.3.2. Активное сопротивление фазного и нулевого проводов определяют по формуле, задавшись сечением, длиной, материалом проводников:

$$R_{ф,н} = \rho_{пр} \cdot \frac{l}{S}, \quad (3.14)$$

где l – длина провода, м;

S – сечение провода, мм²;

$\rho_{пр}$ – удельное сопротивление проводника, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ (для медных про-

водников $\rho_{пр}=0,018$, для алюминия $\rho_{пр}=0,028$).

Диаметры голых стальных проводов, используемых для зануления, могут быть меньше, чем заземляющих проводников, но нулевые и фазные провода должны быть одинаковыми.

Для стальных проводов воздушных линий до 1000 В допускается диаметр не менее 4 мм, а на ответвлениях для ввода в дом не менее 3 мм. В качестве зануляющих могут применяться проводники и из цветных металлов. Наименьшие допустимые их сечения указаны в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Наименьшее сечение зануляющих проводников

Зануляющие проводники	Медь, мм ²	Алюминий, мм ²
Неизолированные проводники при открытой проводке	4	6
Изолированные провода	1,5	2,5
Жилы кабелей или многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами	1	1,5

Зануляющие проводники должны иметь проводимость не менее 50% от проводимости фазных (а не 1/3 как для заземляющих). Тонкостенные стальные трубы, используемые в качестве зануляющего проводника, могут иметь нужную проводимость лишь при диаметрах 18-30 мм.

3.3.3. Сопротивление петли “фаза-ноль”: $Z_{\Pi} = Z_{\phi} + Z_{\Pi}$ определяют по формуле:

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{\Pi})^2 + X_{\Pi}^2}, \quad (3.15)$$

где R_{ϕ} R_{Π} – сопротивление фазного и нулевого проводов, Ом;

X_{Π} – индуктивное сопротивление петли “фаза-ноль”, Ом.

Если провода выполнены из цветных металлов, индуктивным сопротивлением можно пренебречь, ввиду его малой величины. При отдельно проложенных нулевых проводах принимают $X_{\Pi} = 0,6l$.

Для стальных проводов значения индуктивных сопротивлений выбирают по таблице 3.9.

Таблица 3.9 Активные/индуктивные сопротивления стальных проводников при переменном токе (50 Гц)

Размер или диаметр, мм	Площадь сечения, мм	Активные и индуктивные сопротивления, Ом/км, при плотности тока, А/мм ²			
		0,5	1	1,5	2
Полоса прямоугольного сечения					
20×4	80	5,24/3,14	4,2/2,52	3,48/2,09	2,97/1,78
30×4	120	3,66/2,2	2,91/2,75	2,38/1,43	2,04/1,22
40×4	160	2,8/1,68	2,24/1,34	1,81/1,08	1,54/0,92
50×4	200	1,77/1,06	1,34/0,8	1,08/0,65	-
60×4	240	3,83/2,03	2,56/1,54	2,08/1,025	-
30×5	150	2,1/1,26	1,6/0,96	1,28/0,77	-
50×5	250	2,02/1,33	1,51/0,89	1,15/0,7	-
Проводник круглого сечения					
5	19,63	17/10,2	14,4/8,65	12,4/7,45	10,7/6,4
6	28,27	13,7/8,2	11,2/6,7	9,4/5,65	8/4,8
8	50,27	9,6/5,75	7,5/4,5	6,4/3,84	5,3/3,2
10	78,54	7,2/4,32	5,4/3,24	4,2/2,52	-
12	113,1	5,6/3,36	4/2,4	-	-
14	150,9	4,55/2,73	3,2/1,92	-	-
16	201,1	3,72/2,23	2,7/1,6	-	-

3.3.4. Расчетное значение тока короткого замыкания находят по формуле:

$$J_{кз} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_E}{3} + Z_{\phi} + Z_{\Pi}}, \quad (3.16)$$

где U_{ϕ} – фазное напряжение, В; $U_{\phi}=220$ В;

Z_T – сопротивление обмоток трансформатора, Ом (выбирается по таблице 3.10);

Z_{ϕ}, Z_n – сопротивление фазного и нулевого проводов, Ом, ($Z_{\phi}+Z_n=Z_{\Sigma}$)

Таблица 3.10 Сопротивление силовых трансформаторов для однофазного замыкания

Мощность трансформатора, кВт	Активное сопротивление, R_T , Ом	Индуктивное сопротивление, X_T , Ом	Полное сопротивление, Z_T , Ом
25	0,652	0,81	1,036
40	0,376	0,53	0,649
63	0,202	0,358	0,411
100	0,106	0,237	0,259
160	0,061	0,150	0,162
250	0,038	0,096	0,103
400	0,022	0,061	0,065
630	0,012	0,041	0,0427
1000	0,0077	0,026	0,0271

При мощности трансформатора 1000 кВ·А и более величиной $\frac{Z_T}{3}$ пренебрегают.

По ожидаемому значению тока короткого замыкания из таблицы 3.11 подбираем предохранитель с номинальным током плавкой вставки таким образом, чтобы соблюдалось условие надежного срабатывания (3.13).

Таблица 3.11 Значение J_n стандартных предохранителей для сетей напряжением 220 и 380 В.

Тип предохранителя	Номинальный ток плавкой вставки J_n , А	Тип предохранителя	Номинальный ток плавкой вставки J_n , А
НПИ 15	6;10;15	ПН2-400	200;250;300;350;400
НПН 60М	20;25;35;45;60		
ПН2-100	30; 40;50;60;80;100	ПН2-600	300;400;500;600;
ПН-250	80;100;120;150;200;250	ПН2-1000	500;600;750;800;1000

3.3.5. Напряжение на корпусах зануленного оборудования относительно земли определяют по формуле:

$$U_{30} = J_{кз} \cdot R_n, \quad (3.17)$$

где R_n - сопротивление нулевого провода, Ом

3.3.6. Рассчитывают напряжение прикосновения на зануленном оборудовании по формуле:

$$U_{np} = J_{кз} \cdot R_n \cdot \frac{R_{пз}}{R_3 + R_{пз}} \quad (3.18)$$

где $R_{пз}$ - сопротивление повторного заземления, Ом;
 R_3 – сопротивление рабочего заземления, Ом.

Повторное заземление нулевого провода выполняется для повышения безопасности. Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) сопротивление заземления нейтрали и всех повторных заземлений нулевого провода должно быть не более 8; 4; 2 Ома соответственно при линейных напряжениях 220, 380 и 660 В источника трехфазного тока или 127, 220, 380 В источника однофазного тока.

Расчеты рабочего и повторного заземления выполняются аналогично расчетам защитных заземлений электроустановок.

4. Расчет молниезащиты

Молниезащита – это комплекс защитных мер от разрядов атмосферного электричества.

Атмосферное электричество образуется вследствие трения о воздух капелек сконденсировавшихся в атмосфере водяных паров. В результате взаимодействия заряженных капелек и воздушных потоков получается разделение капелек на более крупные с положительным зарядом и более мелкие – с отрицательным, поэтому грозовые тучи состоят из облаков с разными знаками заряда. В силу законов аэродинамики облака с более мелкими капельками и отрицательными зарядами располагаются выше, а облака с крупными каплями и положительными зарядами опускаются ниже (ближе к поверхности земли). При движении облака с положительным зарядом на поверхности земли вследствие электростатической индукции появляются заряды отрицательного знака. Образуется своеобразный конденсатор с воздушным промежутком, пластинами которого являются облака (с положительным зарядом) и земля (с отрицательным зарядом).

Между зарядом q и разностью потенциалов U , существует зависимость:

$$q = C \cdot U, \quad (4.1)$$

где C – емкость конденсатора.

При удалении наэлектризованных тел друг от друга уменьшается емкость конденсатора и при неизменной для каждого случая величине образовавшегося заряда увеличивается разность потенциалов. Если разность потенциалов достигает критического значения (пробивное напряжение для воздуха – 30.000 В/см), возникает искровой разряд, сопровождаемый ярким свечением и резким звуком.

4.1. Расчет зоны защиты молниеотводов различной конструкции

4.1.1. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой до 60 м. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода (в вертикальной плоскости) охватывает пространство, образуемое двойным конусом, при этом вершина одного конуса совмещается с вершиной молниеотвода при $0,5r = 0,75h$ у основания и вершина другого – на высоте $0,8h$ при $r = 1,5h$ у основания. Таким образом, радиус защиты на поверхности земли $r = 1,5h$.

Радиус зоны защиты (r_x) на высоте защищаемого объекта (h_x) определяется по формулам:

$$r_x = 1,5 (h - 1,25h_x) \text{ при } 0 \leq h_x \leq 2/3h \quad (4.2)$$

$$r_x = 0,75 (h - h_x) \text{ при } 2/3h \leq h_x \leq h \quad (4.3)$$

где: h – высота молниеотвода, м;
 h_x – высота защищаемого объекта, м.

4.1.2. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода состоящего из двух одиночных молниеотводов высотой до 60 м с расстоянием между ними $a \leq 5h$.

Граница зоны защиты такого молниеотвода (в вертикальной плоскости) есть кривая, описанная радиусом, который рассчитывается по формуле:

$$R = \sqrt{9h^2 + 0.25a^2}, \quad (4.4)$$

из точки, находящейся на высоте $H = 4h$ от земли, над серединой расстояния между молниеотводами. Торцовые зоны защиты определяются построением как зоны одиночных молниеотводов.

Очертание зоны в сечении 0-0 определяют так же, как зоны одиночных молниеотводов, но вместо h принимают $h_0 = 4h - R$. При известных значениях h и a высота зоны защиты в середине двойного стержневого молниеотвода определяется по формуле:

$$h_0 = 4h - \sqrt{9h^2 + 0.25a^2}, \quad (4.5)$$

где a – расстояние между молниеотводами, м.

Очертание зоны защиты в горизонтальной плоскости на высоте объекта h_x определяется как сопряжение зон защиты одиночных молниеотводов с точками, расположенными на средней линии зоны защиты на расстоянии r_{0x} линии, соединяющей проекции молниеотводов на горизонтальную плоскость, r_{0x} определяется по формулам:

$$r_{0x} = 1,5(h_0 - 1,25h_x) \text{ при } 0 \leq h_x \leq 2/3h, \quad (4.6)$$

$$r_o = 1,50h_o, \quad (4.7)$$

$$r_{0x} = 0,75(h_o - h_x) \text{ при } 2/3h_o \leq h_x \leq h. \quad (4.8)$$

При установке многократных стержневых молниеотводов зоны защиты их определяются как и зона защиты двух соседних, взятых попарно единичных молниеотводов, рассчитываемых как двойные молниеотводы при $a \leq 5h$. При $a \leq 5h$ молниеотводы рассчитывают как отдельно стоящие стержневые молниеотводы.

4.1.3. Зона защиты тросового молниеотвода высотой ≤ 60 м. Тросовый молниеотвод представляет собой трос (молниеприемник), натянутый между двумя стержнями над защищаемым объектом. Зона защиты тросового молниеотвода вверху (в вертикальной плоскости) ограничена горизонтальной прямой, касательной к тросу в точке его максимального провеса. Очертание зоны защиты в сечении, перпендикулярном тросу между опорами, аналогично по форме одиночному стержневому молниеотводу высотой h , при этом

$$r_o = 1,25h. \quad (4.9)$$

Очертание зоны защиты в горизонтальной плоскости аналогично по форме двойному стержневому молниеотводу, при этом r_{ox} определяется по формулам:

$$r_{ox} = 1,25(h - 1,25h_x) \text{ при } 0 \leq h_x \leq 2/3h, \quad (4.10)$$

$$r_{ox} = 0,625(h - h_x) \text{ при } 2/3h \leq h_x \leq h, \quad (4.11)$$

Для заземляющих устройств молниеотводов необходимо учитывать импульсный коэффициент " a_b ", значение которого можно принимать в пределах 0,6...0,7:

$$R_{зи} = R_{общ} \cdot a_b, \quad (4.12)$$

где $R_{зи}$ – сопротивление заземляющего устройства с учетом импульсного коэффициента, Ом;

$R_{общ}$ – общее сопротивление очага, Ом.

Значение сопротивления заземления с учетом импульсного коэффициента сравнивают с допустимым значением сопротивления заземляющих устройств ($R_{\partial з} = 10$)

$$R_{зи} \leq R_{\partial з} \quad (4.13)$$

Если $R_{зи} \geq R_{\partial з}$, то необходимо увеличить число вертикальных заземлителей и сделать пересчет сопротивления заземляющего устройства по вышеприведенным формулам.

4.2. Расчет наименьших допустимых расстояний между элементами молниезащиты и защищаемым объектом.

При ударе молнии в молниеотвод, последний приобретает потенциал, величина которого может оказаться достаточной для пробоя изоляции, отделяющей токоотвод от защищаемого объекта. Поэтому наименьшее расстояние между молниеотводами и элементами защищаемого объекта должны исключать

возможность замыкания тока молния с молниеотвода на защищаемый объект.

Расчет наименьших расстояний (по воздуху) производится по формуле:

$$S_b = \frac{30}{300 + R_{зи}} \left(4R_{зи} + \frac{Z_T l_T}{300 + R_{зи}} \right), \quad (4.14)$$

где Z_m – волновое сопротивление молниеотвода, Ом;

$Z_m = 300$ Ом для стержневого молниеотвода в виде деревянной мачты;

$Z_m = 200$ Ом для решетчатой металлической мачты; $Z_m = 300$ Ом для железобетонной мачты;

l_T – длина токоотвода от точки А (высшей точки защищаемого объекта) до заземлителя, м.

Во всех случаях расстояние между молниеотводом и защищаемым объектом должно быть не менее 6 м ($S_b \geq 6v$).

При применении двойного стержневого молниеотвода расстояние от средней точки кривой, ограничивающей зону защиты в вертикальной плоскости, до защищаемого объекта должно быть не менее 5 м ($h_o - h_x \geq 5$ м).

При применении тросового молниеотвода расстояние между средней точкой троса (точка максимального провеса троса) и защищаемым объектом должно быть не менее 5 м ($h_o - h_x \geq 5$ м).

4.3. Расчеты высоты молниеотводов

4.3.1. Одиночный стержневой молниеотвод

а) Молниеотвод вне защищаемого объекта.

Принимают r равным длине защищаемого объекта, увеличенным на $S_b + 2$ м (S_b – расстояние от молниеотвода до защищаемого объекта). Из вышеприведенных формул для определения r_x определяем h , зная высоту защищаемого объекта (h_x). Далее графическим построением выясняется надежность защиты объекта в вертикальной и горизонтальной плоскостях (зоны защиты должны покрывать объект с некоторым запасом) и уточняется высота молниеотвода.

б) Молниеотвод на защищаемом объекте. Принимают r_l равным половине длины защищаемого объекта + 2 м (при расположении молниеотвода в середине объекта) или равным расстоянию от молниеотвода до наиболее удаленного конца защищаемого объекта + 2 м (при расположении молниеотвода не в середине объекта).

Из вышеприведенных формул для определения r_x определяем h , зная высоту объекта h_x . Собственно высота молниеотвода равна $h_m = h - h_x$. Далее графическим построением выясняется надежность защиты объекта и уточняется высота молниеотвода.

4.3.2. Двойной стержневой молниеотвод

а) Оба молниеотвода вне защищаемого объекта.

Принимая h_o равным $h_x + 5$ м (см. выше) и a равным длине объекта + $2S_b$ (см. выше), определяем h :

$$h = 0,57 \cdot l \cdot h_o + \sqrt{9h^2 + 0,25a^2} \quad (4.15)$$

По вышеприведенным формулам определить значения r_o и r_{ox} и сравнить с соответствующими размерами защищаемого объекта на уровне земли и на высоте h_x .

Если окажется, что рассчитанные значения r_o и r_{ox} меньше соответствующих размеров защищаемого объекта (т. е. часть объекта вне зоны защиты), то необходимо увеличить высоту молниеотвода h , для чего:

определить величину h_o из вышеприведенных формул, принимая r_{ox} (или r_o) равным половине ширины защищаемого объекта – 2м;

по формуле определить величину h (h_o принимается определенным по пункту «а»). Причем h должна быть не более 60 м, в противном случае принимается другая конструкция молниезащитного устройства (многократные стержневые молниеотводы, тросовый молниеотвод).

Далее графическим построением выясняется надежность молниезащиты объекта и, если это необходимо. Уточняется высота молниеотвода.

б) Оба молниеотвода на защищаемом объекте. Принимая h_o равным $h_x + 5$ м и d равным длине защищаемого объекта (если молниеотводы расположены на противоположных торцах объекта) или равным длине защищаемого объекта минус расстояние от молниеотводов до конца объекта – $a + L_{об} - 2a_3$, где $L_{об}$ – длина объекта, a_3 – расстояние от молниеотвода до конца объекта (если молниеотводы расположены не на торцах объекта), определяем по формуле: $h = 0,571h_o + \sqrt{0,183h_o^2 + 0,0357a^2}$ общую высоту молниеотвода. Собственно высота молниеотвода будет равна в этом случае $h_m = h - h_x$.

По формулам (4.6)-(4.8) определить r_o и r_{ox} и сравнить с соответствующими размерами защищаемого объекта на уровне земли и на высоте h_x .

Если окажется, что рассчитанные значения r_o и r_{ox} меньше соответствующих размеров защищаемого объекта (т. е. часть объекта вне зоны защиты), то необходимо увеличить высоту молниеотвода h , для чего:

определить величину h_o из вышеприведенных формул (4.6)-(4.8) принимая r_{ox} (или r_o) равным половине ширины защищаемого объекта 2м:

по формуле (4.15) определить величину h (h_o принимается определенным по пункту «а»), причем h должна быть не более 60 м, в противном случае принимается другая конструкция молниезащитного устройства (многократные стержневые молниеотводы, тросовый молниеотвод).

Далее графическим построением выясняется надежность молниезащитного объекта и, если это необходимо, уточняется высота молниеотвода.

4.3.3. Тросовый молниеотвод

При любом варианте расположения опор тросового молниеотвода расчетная высота молниеотвода h (расстояние от земли до точки максимального провиса троса) принимается равной $h_x + 5$ м (см. выше).

По формулам (4.6), (4.7), (4.8) определить значения r_o и r_{ox} (и сравнить с соответствующими размерами защищаемого объекта на уровне земли и на высоте h_x).

Если окажется, что рассчитанные значения r_o и r_{ox} меньше соответствующих размеров защищаемого объекта (т. е. часть объекта вне зоны защиты), то необходимо увеличить высоту h , для чего определить высоту h по формулам (4.6), (4.7), (4.8), принимая r_{ox} (или r_o) равным половине ширины защищаемого объекта +2 м. Высота h должна быть не более 60 м, в противном случае принимается другая конструкция молниезащитного устройства (многократные стержневые молниеотводы).

Высота опор тросового молниеотвода складывается из расчетной высоты тросового молниеотвода h и величины стрелы подвеса троса $h_{on} = h + h_{np}$.

Величину стрелы провеса троса (h_{np}) сечением 35...50 мм принимают для пролетов длиной:

до 120 м – 2м;

120-150м – 3м.

Далее графическим построением выясняется надежность молниезащиты объекта и, если это необходимо, уточняется высота молниеотвода.

Высота собственно опор тросового молниеприемника, расположенных на защищаемом объекте, определяется как разница между рассчитанной высотой опоры и высотой защищаемого объекта ($h_{оп} - h_x$).

4.4. Последовательность проведения расчета

1. По имеющимся данным вычертить защищаемый объект в соответствующем масштабе.

2. По параметрам защищаемого объекта и его назначению подобрать тип молниеотвода (одиночный стержневой, многостержневой, тросовый).

3. В зависимости от категории защищаемых объектов определить местоположение опор молниеотводов (на сооружении, рядом с сооружением), учитывая при этом, что для зданий и сооружений с электрооборудованием и горючими веществами запрещается установка на них молниеотводов.

4. Запроектировать и рассчитать заземляющие устройства молниеотводов.

5. Для молниеотводов, находящихся рядом с защищаемым объектом, рассчитать минимально допустимое расстояние от молниеотвода до защищаемого объекта (S_b).

6. В зависимости от типа защищаемого объекта, его параметров и местоположения молниеотводов, определить высоту молниеотводов, проверить соответствие размеров объекта рассчитанным r_o и r_{ox} .

7. Имея все необходимые данные по защищаемому объекту и молниеотводам, рассчитать и начертить в соответствующем масштабе зоны защиты объекта при принятых типах молниеотводов.

8. Рассчитать заземление молниезащиты.

5. Расчет освещения

5.1. Расчет естественного освещения по световому коэффициенту

Расчет естественного освещения по световому коэффициенту ведут в следующей последовательности:

– выбирают по таблице 5.1 значение светового коэффициента α в зависимости от характера выполняемых работ;

– зная площадь помещения S_n , рассчитывают суммарную площадь окон по формуле $\sum S_0 = \alpha \cdot S_n$: (5,1)

– выбирают размер окон по таблицам 5.2, 5.3:

– рассчитывают количество окон:

$$n = \frac{\sum S_0}{S_1}, \quad (5,2)$$

где S_1 – площадь одного окна, м².

Таблица 5.1 – Нормированное значение коэффициента естественной освещенности (КЕО) и светового коэффициента

Разряд помещения	Характер выполняемых работ	Значение КЕО е, %		Значение минимального светового коэффициента α
		При верхнем и комбинированном освещении	При боковом освещении	
I	Особо точные работы	10	3,5	–
II	Весьма точные и тонкие работы	7	2	0,20–0,16
III	Точные и тонкие работы (в сельскохозяйственный ремонтных мастерских сюда входят отделения: станочное, слесарное, Сборочное, электроремонтное, топливной аппаратуры, медницкое, столярное)	5	1,5	0,16–0,14
IV	Работы малой точности (в сельскохозяйственный ремонтных мастерских к этой категории можно отнести отделения: разборочное, моечное, испытательное, окрасочное, отделение ремонта с/х машин, кузницу, сварочное, Инструментальную кладовую).	3	1	0,14–0,12
V	Грубые работы (гаражи, сараи для хранения машин, склады металла).	2	0,5	0,12–0,10
VI	Весьма грубые работы (проход, проезды, коридоры).	1	0,25	0,10–0,08

Таблица 5.2– Размеры окон, применяемых в сельскохозяйственных постройках

Высота, мм	2100	1800	1575	1425	1275
Ширина, мм	1555	1555	1555	1555	1555
	1260	1260	1260	1260	1260
	1060	1060	1060	1060	1060
	860	860	860	860	860
	565	565	565	565	565

Таблица 5.3 – Размеры окон для зданий сельскохозяйственных предприятий (ГОСТ 12506– Окна производственных зданий)

Ширина, мм	Высота, мм
870	570
1145	570
1170	860,1160
1743	860,1160
1760	860,1160
1850	1220, 1820, 2240, 3020, 3620, 4220
2450	1220, 1820, 2240, 3020, 3620, 4220
3050	1220, 1820, 2240, 3020, 3620, 4220
4850	1220, 1820, 2240, 3020, 3620, 4220

5.2. Расчет по коэффициенту естественной освещенности при боковом освещении. Более точный расчет ведут по минимальному коэффициенту естественной освещенности. Необходимую суммарную площадь окон при боковом освещении находят по формуле:

$$\sum S_0 = \frac{S_{II} \cdot e_{\min} \cdot \eta_0 \cdot k}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} \quad (5.3)$$

где e_{\min} – минимальный коэффициент естественной освещенности, выбираем по таблице 5.2, %;

η_0 – характеристика окна, выбирается по таблице 5.4;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания, выбирается по таблице 5.5;

k – коэффициент, учитывающий затенение соседними зданиями, выбирается по таблице 2.5.6;

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение освещенности за счет света, отраженного от стен и потолка, выбирается по таблице 5.7.

Далее выбирается размер окон по таблицам 5.2, 5.3 и рассчитывается количество окон по формуле (5.2).

Таблица 5.4– Световая характеристика окон (по Гусеву Н.М.) η_0

Отношение ширины помещения к его глубине L: Вг.п.	Значения при следующих соотношениях глубины помещения и высоты верхнего края окна над уровнем рабочей поверхности, Вг.п.:							
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
4 и более	–	–	7,0	9,0	12	15	17	20
3	9,5	8,5	9,5	11,5	16	19	23	26
2	11,5	10,0	11	13	18	22	26	30
1,5	13	11,5	12,5	15	20	25	30	35
1	16	15	17	19	25	35	42	45
0,5	–	–	22	27	43	–	–	–

Примечание. Вг.п– расстояние от стены с окнами до противоположной глухой стены, м; l– расстояние между противоположными стенами, перпендикулярными стене с окнами, м; h–расстояние от уровня рабочей плоскости до верхнего обреза окна, м.

Таблица 5.5– Значение общего коэффициента светопропускания τ_0

Характеристика помещения по условиям загрязненности воздуха	Положение остекления	Деревянные переплеты		Стальные переплеты	
		одинарные	двойные	одинарные	двойные
Помещение со значительным выделением пыли, копоти	Вертикальное	0,40	0,25	0,5	0,3
	Наклонное	0,3	0,20	0,4	0,25
Помещение с незначительным выделением пыли, копоти	Вертикальное	0,5	0,35	0,6	0,4
	Наклонное	0,4	0,25	0,5	0,3

Примечание. Если светопроемы затенены элементами конструкций, затемнения нужно умножить на 0,9. При затенении балками (например подкрановыми)– на 0,8.

Таблица 5.6– Значение коэффициента K, учитывающего затенение окон противостоящими зданиями.

L:H Величина отношения	K	L:H Величина отношения	K
0,5	1,7	1,5	1,2
1,0	1,4	2,0	1,1
–	–	3,0 и более	1,0

Примечание. L– расстояние до противоположного здания, м; Н– высота расположения карниза противостоящего здания над подоконником проектируемого светового проема, м.

Таблица 5.7– Значение коэффициента γ_1 , учитывающего отраженный свет при боковом освещении

Окраска стен и потолка	Коэффициент при освещении	
	одностороннем	двухстороннем
Белая, желтая, розовая, голубая, и другие светлые тона	2,5	1,4
Зеленая, синяя, коричневая и другие темные тона	2,0	1,2

5.3. Расчет естественного верхнего освещения

При естественном верхнем освещении площадь световых проемов (фонарей) определяется по формуле:

$$\sum S_{a\phi} = \frac{S_{II} \cdot e_{\min} \cdot \eta_{\phi} \cdot k_3}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_2 \cdot k_{\phi}} \quad (5.4)$$

где η_{ϕ} – световая характеристика светового фонаря, выбирается по таблице 5.9;
 k_3 – коэффициент запаса, выбирается по таблице 5.9;
 r_2 – коэффициент, учитывающий повышение освещенности за счет отраженного света от поверхности помещения, выбирается по таблице 5.10;
 k_{ϕ} – коэффициент учитывающий тип фонаря, выбирается по таблице 5.12.

Таблица 5.8– Значение световой характеристики фонарей

Тип фонаря	Количество пролетов	Значение световой характеристики фонарей								
		Отношение длины помещения (l_n) к ширине пролета (l_1)								
		от 1 до 2			от 2 до 4			более 4		
		Отношение высоты помещения к ширине пролета (l_1)								
		От 0,2 До 0,4	0,4 0,7	0,7 1	0,2 0,4	0,4 0,7	0,7 1	0,2 0,4	0,4 0,7	0,7 1
С вертикальным двухсторонним остеклением	один	5,8	9,4	16	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
	два	5,2	7,5	12,8	4,0	5,1	7,8	3,7	6,4	6,5
	три и более	4,8	6,7	11,4	3,8	4,5	6,9	3,4	4,0	5,6
С вертикальным односторонним остеклением	один	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10,0	4,9	7,1	8,5
	два	6,1	8,0	11,0	4,7	5,5	6,6	4,3	5,0	5,5
	три и более	5,0	6,5	8,2	4,0	4,3	5,0	3,6	3,8	4,1

Таблица 5.9– Значение коэффициента запаса K_3

Характеристика помещений по условиям загрязненности	Коэффициент запаса K_3				
	естественное освещение при остеклении			искусственное освещение	
	вертикальное	наклонное	горизонтальное	газоразрядные лампы	лампы накаливания
а) в рабочей зоне более 5 мг/м^3 пыли, дыма, копоти	1,5	1,7	2,0	2,0	1,7
б) от 1 до 5 мг/м^3 пыли, дыма, копоти	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5
в) менее 1 мг/м^3 пыли, дыма, копоти	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, обладающих большой коррозирующей способностью.	1,5	1,7	2,0	1,8	1,5

Таблица 5.10– Значение коэффициента, учитывающего повышение освещенности за счет отраженного света, g_2

Отношение высоты помещения от рабочей поверхности до нижней грани остекления (h) к ширине пролета (l_1)	Значение коэффициента g_2								
	Средневзвешенный коэффициент отражения потока, стен, пола								
	0,5			0,4			0,3		
	Количество пролетов								
2	1,7	1,5	1,5	1,6	1,4	1,1	1,4	1,1	1,05
1	1,5	1,4	1,15	1,4	1,3	1,1	1,3	1,1	1,05
0,75	1,45	1,35	1,15	1,35	1,25	1,1	1,25	1,1	1,05
0,5	1,4	1,3	1,15	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,05
0,25	1,35	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05

Таблица 5.11– Коэффициент, учитывающий тип фонаря, K_ϕ

Тип фонаря	Коэффициент K_ϕ
Световые проемы в плоскости покрытия ленточные	1
Фонари с вертикальным двухсторонним остеклением	1,2
Фонари с вертикальным односторонним остеклением	1,4

5.4. Расчет искусственного общего освещения лампами накаливания методом светового потока

5.4.1. Подбирают тип светильника из таблиц 5.12, 5.13.

5.4.2. Определяют количество светильников, для чего сначала находят:

а) расстояние между светильниками:

$$l_{св} = k_1 h_{св}, \quad (5.5)$$

где $h_{св}$ – высота подвеса светильника, м;

$$h_{св} = H - (h_1 + h_2),$$

где H – высота помещения, м;

h_1 – расстояние от пола до освещенной поверхности (высота рабочей поверхности), м;

h_2 – расстояние от потолка до светильника, м;

k_1 – коэффициент, учитывающий отношение высоты подвеса светильника к расстоянию между светильниками, определяется по таблице 5.14

б) рассчитывают ширину рядов по формуле:

$$b_{св} = k_b h_{св}, \quad (5.6)$$

где k_b – коэффициент, учитывающий отношение максимальной ширины между светильниками к высоте подвеса, определяется по таблице 5.14

в) вычисляют количество рядов в проектируемом помещении по формуле:

$$m_p = \frac{B - a}{b_{св}}, \quad (5.7)$$

где b – ширина помещения, м;

a – величина, учитывающая расстояние крайних от стен светильников, $a = k_{об} l_{св}$ ($k_{об} = 0,5$ при отсутствии оборудования, $k_{об} = 0,3$ в других случаях);

г) вычисляют суммарное количество светильников по формуле:

$$n_{св} = \frac{L - a}{l_{св}} \cdot m_p, \quad (5.8)$$

где L – длина помещения, м.

5.4.3. Определяют показатель помещения по формуле:

$$\varphi = \frac{S}{h_{св} (L - B)} \quad (5.9)$$

где S – площадь помещения, m^2 , $S = L \cdot B$;

$h_{св}$ – высота подвеса светильника, м.

Таблица 5.12 – Технические данные некоторых светильников

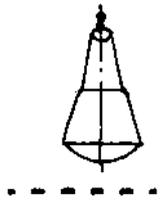
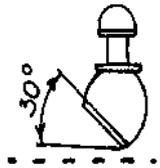
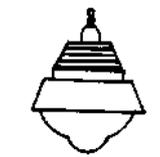
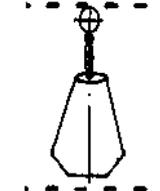
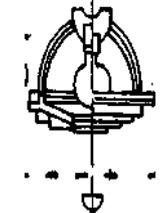
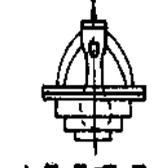
Тип светильника	условные обозначения	Эскиз	Свето распределение	Мощность ламп (Вт)	КПД	Защитный угол	Высота подвеса над освещаемой поверхностью	Область применения	
Глубоко излучательный, эмалированный, малый	А		Местное освещение				32–40	–	Нормально отапливаемые помещения и неотапливаемые
			конусное	до 60	0,6				
" кососвет"	К		одно-стороннее	до 300	0,60	–	–	Дополнительное освещение поверхностей	
" универсаль"	У УМ		Общее освещение				16°	4–5	–
			Прямое	от 200 до 500	0,55–0,69				
" Люцетта" из молочного стекла	Лц		Рассеянного света; прямое	от 200	0,83	35°	3–4	Нормальные чистые производственные и административно-конторские помещения	
Водопыленепроницаемые	Вм		Преимущественно прямое равномерное	200	0,67	90°	4–5	Сырые, особо сырые и очень пыльные помещения	
Светильник кольцевой	СК–300		преимущественно отраженное	до 300	0,8	–	3–4		
Светильник подвесной с кольцевыми затенителями	Пм–1		Рассеянное	до 200	0,75–0,85	–	3–4		
Светильник промышленный, уплотненный	Пу–100 Пу–200		Прямое света	от 100 до 200	0,75	–	3–4	Для влажных и запыленных помещений	

Таблица 5.13– Характеристика светильников

Тип светильника	Число, тип и мощность ламп	КПД	Защит- ный угол, град	Масса, кг
С лампами накаливания				
НСП01x100/Д2 3-01	100	70	30	1,4
НСП01x100/Б2 0-04	60,100	70	30	1,4
НСП01x200 Д2 3-07	200	70	15	2,3
НСП01x500/Д50-У4	500	75	15	8,6
НСП09x200/Р53-04-02	200	75	90	3,7
НСП1x200/Д53-03	200	75	15	1,4
НСП03x60/Р53-01-У3	60	70	–	1,1
НКС01	100	55	30	1,65
НСР01x200/Р53-02-05	200	75	90	3,7
НПП03	100	70	–	3,5
Н4Б-300М(с отражателем)	300	50	–	8,0
Н4БН-150	150	55	15	7,0
Н4Т2Н-300-1	300	55	15	12,5
ППР-100	100	75	90	1,9
ППР-500	500	75	–	8,5
ППД-100	100	65	15	2,5
ППД-500	300,500	65	15	10,5
ППД-2-500	300,500	65	30	7,0
ПСХ	60	68	–	1,13
ПНП-2x100	2x100	65	–	5,0
ГсУ-500М	500	80	30	2,3
СУ-200М	200	80	30	1,65
УПД-500	300,500	75	30	3,9
УПС-500	300,500	75	–	3,9
В4А-60	60	50	–	6,5
В3Г-100	100	45	–	8,0
ВСГ-200АМ (с отражателем)	200	50	16	8,0
ВСГ/В4А-200М (с отражателем)	200	45	16	9,8

С люминесцентными лампами				
ЛСП02-2x40/Д20-У4	2x40	70	15	9,0
ЛСП02-2x80/Д20-У4	2x80	70	15	13,0
ЛСП13-2x40-01-У3	2x40	80	15	12,0
ЛСП13-2x40-04-У3	2x40	75	30	12,5
ЛСП04-2x40/Д64-01	2x40	80	0	14,0
ЛВП02-4x80/Д53-03	2x40	65	15	14,5
ЛВП31-4x80/Д53	4x80	46	15	24,0
ВЛО-4x80Б	4x80	40	90	38,0
ВЛВ-4x80Б	4x80	56	15	15,5
МЛ-2x40/П20	4x80	55	90	17,5
МЛ-2x80/П20	2x40	60	90	120
НОГЛ-2x80-У3(с отражателем)	2x80	60	90	15,0
НОДЛ-2x40-У3(с отражателем)	2x80	55	15	25,0
ПВЛМ-2x40С	2x40	55	15	20,0
ПВЛМ-2x80С	2x40	85	–	8,24
ПВЛП-1-2x40-02	2x80	85	–	12,53
ПВЛ-1-2x40	2x40	68	–	11,0
ПВЛ-1-2x40	2x40	60	90	11,4
С натриевыми лампами				
ЖСП14-400-212	Днат-400, ДРЛ-	70	–	32,0
ЖСП14-400-222	250	75	–	32,0
С ртутными лампами				
РСР05x250/Д23	ДРЛ-250	70	15	2,1
РСР10-700-001	ДРИ-700	75	30	3,8
РСР14-2x700-212	ДРЛ-2x700	70	–	32,0
ГСР14-2x700-212	ДРИ-700	70	–	40,0
РСР14-2x400-212	ДРЛ-2x700	70	–	32,0

Таблица 5.14– Коэффициенты K_l и K_b

Тип светильника	Отношение расстояния между светильниками к высоте подвеса $K_l = l_{CB}/h_{CB}$		Отношение максимальной ширины между светильниками к высоте подвеса $K_b = b_{CB}/h_{CB}$
	при расположении		
	в несколько рядов	в один ряд	
У	1,8	2,0	1,2
Г	1,6	1,8	1
Г	1,2	1,4	0,75

Таблица 5.15 – Коэффициент использования светового потока лампы накаливания $\eta_{\text{св}}$.

Тип светильника		Глубокоизлучатель эмалированный		"Универсаль" без затенителя		"Универсаль" с малым затенителем		Водо-пыленепроницаемые		
Коэффициент отражения, %	Потолок	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50
	Стен	0,10	0,10	0,30	0,10	0,10	0,30	0,10	0,10	0,30
Коэффициент использования светового потока $\eta_{\text{св}}$										
Показатель помещения, ф	0,5	0,18	0,18	0,2	0,18	0,18	0,22	0,15	0,15	0,15
	0,6	0,23	0,23	0,25	0,25	0,25	0,28	0,20	0,20	0,23
	0,8	0,30	0,30	0,31	0,33	0,33	0,36	0,27	0,26	0,29
	0,1	0,34	0,34	0,36	0,38	0,38	0,41	0,31	0,31	0,33
	1,5	0,39	0,39	0,41	0,44	0,44	0,46	0,37	0,37	0,38
	2,0	0,42	0,42	0,44	0,49	0,49	0,51	0,40	0,40	0,42
	3,0	0,46	0,46	0,48	0,54	0,55	0,57	0,45	0,46	0,47
	5,0	0,49	0,49	0,51	0,58	0,59	0,61	0,48	0,49	0,51
										0,11
										0,15
										0,20
										0,23
										0,27
										0,31
										0,35
										0,39
										0,43
										0,47
										0,51
										0,55
										0,59
										0,63
										0,67

Таблица 5.16 – Значение коэффициента $\eta_{\text{св}}$ светильников различных типов

Тип светильника	Коэффициент отражения%		Значение $\eta_{\text{св}}$ при величине									
	Потолок	Стен	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2	3	4	5	
"Универсаль" без затенения	0,3	0,1	0,21	0,27	0,35	0,4	0,46	0,5	0,55	0,57	0,58	
	0,5	0,3	0,24	0,30	0,38	0,42	0,48	0,52	0,57	0,59	–	
	0,7	0,5	0,28	0,34	0,41	0,45	0,51	0,55	0,60	0,62	–	
С матовым затенением	0,3	0,1	0,14	0,19	0,26	0,30	0,35	0,39	0,43	0,45	0,46	
	0,5	0,3	0,17	0,22	0,28	0,32	0,36	0,40	0,43	0,47	0,48	
	0,7	0,5	0,21	0,26	0,32	0,35	0,40	0,43	0,47	0,49	0,51	
"Люцетта"	0,3	0,1	0,14	0,19	0,25	0,29	0,34	0,38	0,44	0,46	0,48	
	0,5	0,3	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,41	0,47	0,50	0,52	
	0,7	0,5	0,22	0,27	0,33	0,37	0,44	0,48	0,54	0,59	0,61	
Лампа без отражателя	0,3	0,1	0,10	0,14	0,19	0,22	0,28	0,32	0,38	0,42	0,48	
	0,5	0,3	0,13	0,18	0,24	0,28	0,36	0,40	0,46	0,51	0,54	
	0,7	0,5	0,21	0,26	0,32	0,37	0,45	0,51	0,59	0,64	0,67	

Таблица 5.17– Нормы освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях

Характер работы	Размер объекта различения, мм	Разряд работы	Подряд	Контрастность объекта различения с фоном	Характеристика фона	Норма освещенности, лк			
						Газоразрядными лампами	Лампами накаливания	Комбинированное освещение	Общее освещение
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	a	Малая	Темный	5000	1500	4000	300
			б	Малая Средняя	Средний Темный	4000	1250	3000	300
			в	Малая Средняя	Светлый Средний	3000	1000	2000	300
			г	Большая	Светлый	1500	400	1250	300
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	a	Малая	Темный	4000	1250	3000	300
			б	Малая Средняя	Средний Темный	3000	750	2500	300
			в	Малая Средняя	Светлый Средний	2000	500	1500	300
			г	Большая	Светлый	1000	300	750	200
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	a	Малая	Темный	2000	500	1500	300
			б	Малая Средняя	Средний Темный	1000	300	750	200
			в	Малая Средняя	Светлый Средний	750	300	600	200
			г	Большая	Светлый	400	200	400	150
Средний	От 0,5	IV	a	Малая	Темный	750	300	600	200
			б	Малая Средняя	Средний Темный	500	200	500	150
			в	Малая Средняя	Светлый Средний	400	150	400	100
			г	Большая	Светлый	300	150	300	100

Малой точности	От 1 до 5,0	V	а	Малая	Темный	300	200	300	150
				б	Средний Темный	200	150	200	100
				в	Светлый Средний	–	100	–	50
				г	Светлый	–	100	–	50
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	Не зависит от характеристики фона и контраста объекта с фоном		–	100	100	–	50
При постоянном общем наблюдении за производственным процессом	–	VII	–	–	–	75	–	–	30
При периодическом наблюдении за производственным процессом	–	–	–	–	–	50	–	–	20
С самосветящимися предметами или материалами	–	VIII	Не зависит от характеристики фона и контраста объекта с фоном		–	200	–	–	150

Таблица 5.18– Освещенность на рабочих поверхностях при искусственном освещении (СНиП 11-4)

Помещения	Освещенность рабочей поверхности, лк
Кабинеты (в т.ч. учебные) и рабочие комнаты	300
Машинописные и машиносчетные бюро	400
Читальный зал	300
Лаборатории (химические)	300
Санитарно-бытовые помещения:	
Умывальные	75
Гардеробные	50
Красные уголки	300
Коридоры: главные	75
остальные	50

Таблица 5.19– Нормы искусственного освещения (НТП-СХ)

Помещения и производства	Общая освещенность рабочей поверхности E, лк	
	люминесцентные лампы	лампы накаливания
Коровники:		
-зона доения	150	100
-зона кормления	75	30
Доильные залы	200	150
Помещения для первичной обработки молока	200	150
Телятники	75	30
Свинарники-откормочники	75	50
Свинарники-маточники	100	50
Овчарни	50	30
Птичники для кур несушек	150	100
Инкубаторий	100	75
Кормоцех: -у смесителя	150	100
-у котлов	100	50
Пульт управления и машинное отделение	150	100
Хранилища и склады	50	20
Гардеробные	100	150
Коридоры и проходы	50	75
Санузлы	75	100

5.4.5. По нормам освещенности, указанным в таблицах 5.17, 5.18, выбирают минимальную освещенность.

5.4.6. По таблице 5.20 находят коэффициент неравномерности Z

Таблица 5.20– Значение коэффициента Z

Тип светильника	Значение Z при $l_{св} : h_{св}$						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,75	2
" Универсаль"							
–с матовым затенением	0,650	0,770	0,938	0,975	0,015	0,912	0,845
–без затенения	0,630	0,740	0,896	0,950	0,977	0,865	0,828
–"Люцетта"	0,545	0,660	0,735	0,913	0,867	0,734	0,595
Эмалированный глубокоизлучатель	0,637	0,775	0,907	0,988	0,990	0,907	0,800

5.4.7. Выбирают коэффициент запаса K_3 по таблице 5.9.

5.4.8. Находят световой поток лампы по формуле

$$F_{л} = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k_3 \cdot Z}{n_{св} \cdot \eta_{св}}, \quad (5.9)$$

где E_{\min} –минимальная освещенность, лк;

S – площадь помещения, м²;

K_3 – коэффициент запаса (таблица 5.9);

Z – коэффициент неравномерности освещенности (таблица 5.20);

$n_{св}$ – количество светильников;

$\eta_{св}$ – коэффициент использования светового потока (таблица 5.24)

5.4.9. По световому потоку лампы из таблицы 5.21, 5.22 выбирают ближайшую лампу накаливания, определяют потребляемую мощность и ее тип.

Таблица 5.21– Лампы накаливания общего назначения с нормальной световой отдачей

Мощность, Вт	Рабочее напряжение ламп			
	127 в		220 в	
	тип ламп	световой поток (F), лм	тип ламп	световой поток (F), лм
15	НВ 127–15	130	НВ 220–15	105
25	НВ 127–25	235	НВ 220–25	205
40	НВ 127–40	440	НВ 220–40	370
60	НВ 127–60	740	НВ 220–60	620
75	НВ 127–75	980	НВ 220–75	840
100	НВ 127–100	1400	НВ 220–100	1240
150	НГ 127–150	2300	НГ 220–150	1900
200	НГ 127–200	3200	НГ 220–200	2700
300	НГ 127–300	5150	НГ 220–300	4350
500	НГ 127–500	9100	НГ 220–500	8100
750	НГ 127–750	14250	НГ 220–750	13100
1000	НГ 127–1000	19500	НГ 220–1000	18200

Таблица 5.22– Световые и электрические параметры ламп накаливания и люминесцентных ламп (по ГОСТ 6825)

Лампы накаливания, 220 В			Люминесцентные лампы		
тип ламп	световой поток (F), лм	световая отдача, лм/вт	тип ламп	световой поток (F), лм	световая отдача, лм/вт
БК-10	460	11,5	ЛДД-30	1450	48,2
Б-60	715	11,9	ЛД-30	1640	54,5
БК-100	11450	14,5	ЛБ-30	2100	70,0
Г-300	4600	15,4	ЛБ-40	3000	75,0
Г-500	8300	16,6	ЛДД-80	3560	44,5
Э-10000	18600	18,6	ЛБ-80	5220	65,3

Таблица 5.23– Технические данные люминесцентных ламп

Тип ламп	Напряжение сети 127 в		Тип ламп	Напряжение сети 220 в	
	мощность, Вт	световой поток (F), лм		мощность, Вт	световой поток (F), лм
ЛДН 15	15	450	ЛДН 30	30	1110
ЛД 15		525	ЛД 30		1380
ЛХБ 15		600	ЛХБ 30		1500
ЛБ 15		630	ЛБ 30		1740
ЛТБ 15		600	ЛТБ 30		1500
ЛДУ 20	20	620	ЛДУ 40	40	1520
ЛД 20		760	ЛД 40		1960
ЛХБ 20		900	ЛХБ 40		2200
ЛБ 20		980	ЛБ 40		2480
ЛТБ 20		900	ЛТБ 40		2200

Таблица 5.24– Коэффициент использования светового потока люминесцентных ламп

Тип светильника		ОД			ПВЛ		
коэф. отр, %	потолка	0,30	0,50	0,70	0,30	0,50	0,70
	стен	0,10	0,30	0,50	0,10	0,30	0,50
Показатель помещения	0,5	0,23	0,26	0,31	0,14	0,16	0,19
	0,6	0,30	0,33	0,37	0,18	0,20	0,22
	0,7	0,35	0,38	0,42	0,21	0,23	0,25
	0,8	0,39	0,41	0,45	0,23	0,25	0,27
	0,9	0,42	0,44	0,48	0,25	0,27	0,29
	1,0	0,44	0,46	0,49	0,26	0,28	0,30
	1,1	0,46	0,48	0,51	0,27	0,29	0,31
	1,25	0,48	0,50	0,53	0,29	0,30	0,32
	1,5	0,50	0,52	0,56	0,30	0,31	0,34
	1,75	0,52	0,55	0,58	0,31	0,33	0,35
	2,0	0,55	0,57	0,60	0,33	0,34	0,36
2,25	0,57	0,59	0,62	0,34	0,35	0,37	

5.5. Расчет искусственного общего освещения люминесцентными лампами

5.5.1. Назначают число рядов люминесцентных светильников, выбирают тип, мощность и световой поток лампы по таблицам 5.13, 5.22, 5.23.

5.5.2. Определяют показатель помещения ρ по формуле 5.8

5.5.3. Выбирают норму освещенности по таблицам 5.17, 5.18, 5.19.

5.5.4. По таблице 5.24 выбирают коэффициент использования светового потока.

5.5.5. Рассчитывают суммарное количество люминесцентных ламп по формуле:

$$\sum n_{л} = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k_3 \cdot Z}{F_{л} \cdot \eta_{св}}, \quad (5.10)$$

5.5.6.5. Рассчитывают количество светильников по формуле:

$$N_{св} = \frac{\sum n_{л}}{m_p \cdot n_{л}}, \quad (5.11)$$

где $n_{л}$ – число ламп в светильнике.

5.5.7. Рассчитывают полную длину светильников по формуле:

$$\Sigma L_{св} = L_{св} \cdot N_{св}, \quad (5.12)$$

где $L_{св}$ – длина светильника, м.

Если длина ряда светильников близка к длине помещения, то ряд получается сплошным; если она меньше длины помещения, то делают разрыв между светильниками в ряду.

Если длина светильников больше длины помещения, тогда увеличивают число рядов или каждый ряд образуют из сдвоенных или строенных светильников.

При малой высоте помещения предпочтительнее светильники с лампами 40 Вт, при большой – 80Вт.

5.6. Расчет искусственного освещения методом удельной мощности

Метод удельной мощности является наиболее простым, но менее точным. Его применяют при ориентировочных расчетах.

5.6.1. Определяют мощность осветительной установки по формуле:

$$\Sigma P = P_{уд} S , \quad (5.13)$$

где n–число ламп в осветительной установке.

Таблица 5.25– Значение удельной мощности осветительной установки

Высота подвеса светильника, $h_{св}$, м	Площадь помещения, S , м ²	Удельная мощность $P_{уд}$, Вт/м ²				
		освещенность, E , лк				
		100	200	300	400	500
2...3	15...25	7,3	14,6	22	29	37
	25...50	6	12	18	24	30
	50...150	5	10	15	20	25
	150...300	4,4	8,8	13,2	17,6	22
3...4	15...20	9,6	19,2	29	38	48
	20...30	9,5	17	25,5	34	42
	30...50	7,3	14,6	22	29	36
	50...120	5,8	11,6	17,4	23	28
	120...300	4,9	9,8	14,8	19,6	25
4...6	25...35	10,4	21	31	42	52
	35...50	9,2	18,4	27,5	37	46
	50...80	7,9	15,8	23,5	32	40
	80...150	6,6	13,2	19,8	26,5	33
	150...400	5,3	10,6	16	21	26

Таблица 5.26– Наименьшая высота установки над столом светильников с лампами накаливания

Светильник	Высота (м) при помощи ламп, Вт		
	100 и менее	150–200	300 и более
Прямого света с защитным углом 15–30 град: - без рассеивателя - с матовым рассеивателем	3,5	4	4,5
	2,5	3	3,5
Рассеянного света с защитным углом: - 15–30 град - 30 и более	3	3,5	4
	не ограничивается	2,5	3,5

6. Расчет технических средств защиты от вибрации.

6.1. Эффективность виброизоляции

6.1.1. Эффективность виброизоляции определяют по формулам:

–в процентах $U = 100 (1 - K_{II})$;

–в децибелах $\Delta L = 20 \lg (1 / K_{II})$,

(6.1)

где K_{II} – коэффициент передачи вибрации;

\lg – десятичный логарифм.

6.1.2. Потребную величину снижения виброскорости, (дБ) определяют по формуле:

$$\Delta L_v = L_v - L_{v \text{ норм.}} \quad (6.2)$$

где L_v – измеренное значение уровня виброскорости, дБ,

$L_{v \text{ норм.}}$ – нормируемое значение уровня виброскорости по рисунку 6.1.

6.1.3. Коэффициент передачи вибрации определяется по формуле:

$$K_n = 10^{-\Delta L_v / 20}, \quad (6.3)$$

где ΔL_v – эффективность виброизоляции, дБ.

Коэффициент передачи вибрации оценивает эффективность виброизоляции:

$$K_{II} = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1}, \quad (6.4)$$

где K_{II} – коэффициент передачи;

f – частота возбуждающей силы (вынужденных колебаний) Гц;

f_0 – собственная частота системы на виброизоляторах, Гц.

Чем ниже собственная частота, тем легче осуществить виброизоляцию.
Эффективная работа виброизоляторов будет при $f/f_0 = 2 \dots 4$.

6.1.4. Основную частоту собственных колебаний определяют по формулам:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}}; \quad (6.5)$$

$$f_0 = \frac{5}{\sqrt{\chi_{ст}}}, \quad (6.6)$$

где K – жесткость виброизолятора, н/см;

M – масса виброизолированной машины, н;

$\chi_{ст}$ – статическая осадка виброизолятора, см.

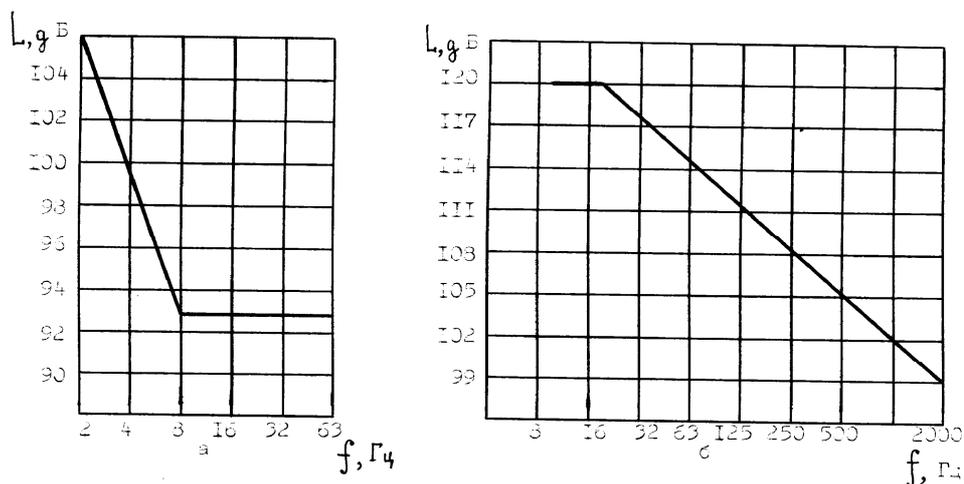
при известном K_{II} частоту собственных колебаний можно определить:

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{(1/K_{II})+1}}. \quad (6.7)$$

6.1.5. Вынужденную частоту легко рассчитать, если имеется один источник возбуждения динамических сил, например, для электродвигателя:

$$f = \frac{n}{60} \quad (6.8)$$

где n – частота вращения, об/мин.

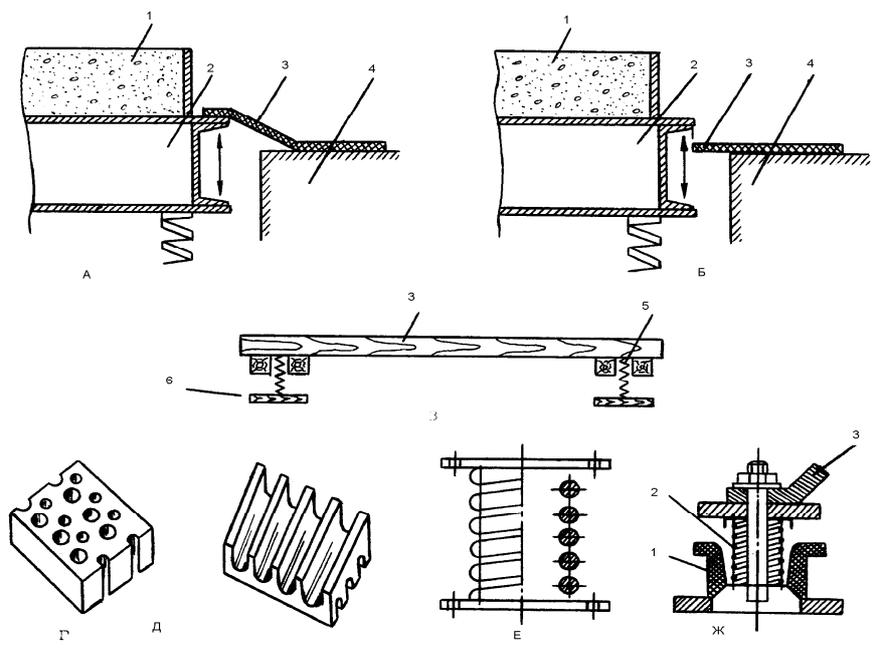


а– общие вибрации;

б– местные (локальные) вибрации

Рисунок 6.1– Нормирование вибрации

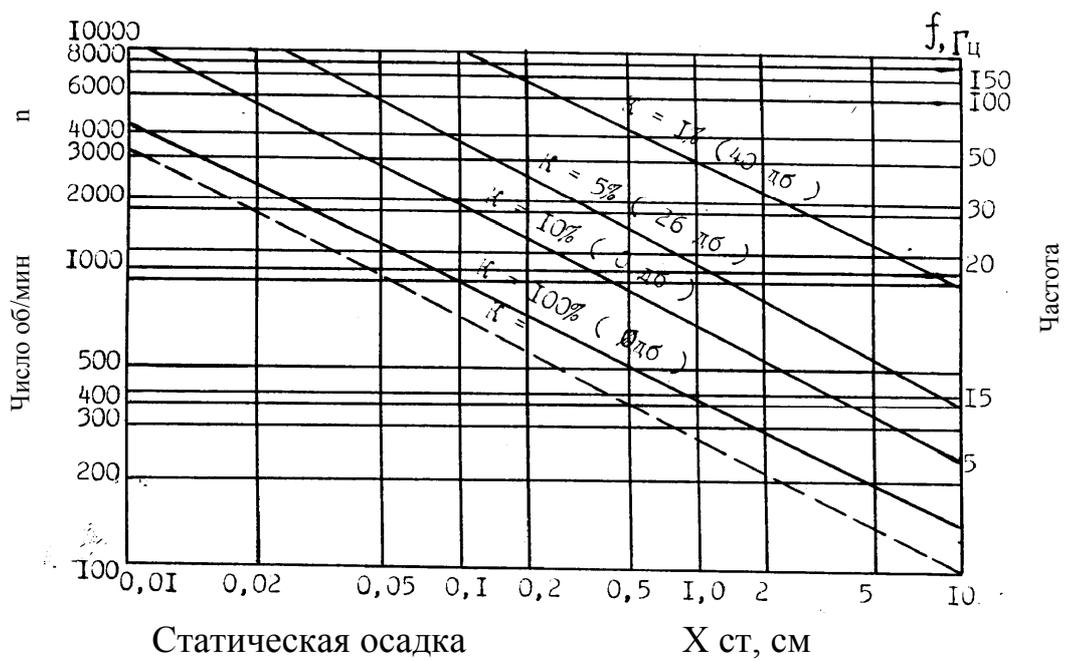
Схемы виброизоляции приведены на рисунке 6.2.



А–Б – активная виброизоляция; в–пассивная виброизоляция;
 1–изделие, 2– подвижная рама виброплощадки, 3–рабочий настил,
 4– основание, 5– амортизатор, 6– основание амортизатора;
 Г, Д– резиновые; Е– пружинные; Ж– пружинно-резиновые опоры;
 1–резина, 2– пружина, 3– опора виброизоляторной машины.

Рисунок 6.2– Схемы виброизоляции

Коэффициент виброизоляции можно определить по графику на рисунке 6.3.



К– коэффициент виброизоляции и передачи колебаний основанию
 (в скобах ослабление вибрации в дБ).

Рисунок 6.3– График определения коэффициента виброизоляции.

6.2. Расчет резиновых виброизоляторов

6.2.1. Суммарная потребная жесткость изоляторов определяется по формуле:

$$k_{\Sigma} = (2\pi f_0)^2 M. \quad (6.9)$$

6.2.2. Потребная жесткость одного виброизолятора рассчитывается по формуле:

$$k_1 = k_{\Sigma}/N, \quad (6.10)$$

где N – число виброизоляторов (можно задаться).

6.2.3. Подбирают стандартную виброопору по таблице 6.1.

Таблица 6.1– Техническая характеристика резинометаллических виброизолирующих опор

Опора	Габариты, мм		Рабочий диапазон нагрузок на опору	Собственная частота, колебаний по вертикали, Гц	Логарифмический декремент затухания
	диаметр	высота			
ОВ–31	150	50	3500–40000	20	0,5
ОВ–33-15	120	42,5	300–7000	15	0,3
ОВ–33-20	120	42,5	2000–30000	20	0,5
ОВ–34-35	111,5	35,5	700–50000	35,5	0,7

6.2.4. Потребная статическая осадка системы резиновых прокладок определяется по формуле:

$$\chi_{ст} = g/(2\pi f_0)^2, \quad (6.11)$$

где g – ускорение свободного падения, m/s^2 .

Зная обороты машины, статический прогиб можно выбрать по графику на рисунке 6.3.

6.2.5. Потребная масса прокладки, $H_{руб.}$ (см) определяется по формуле:

$$H_{руб.} = \chi_{ст} E_{\partial}/\sigma, \quad (6.12)$$

где E_{∂} – динамический модуль упругости материала, прокладки(резины), $кг/см^2$ (рисунок 6.4, таблица 6.2);

σ – допустимая нагрузка на сжатие для материала прокладки, $кг/см^2$;

$$\sigma = P/S$$

где S – площадь поперечного сечения всех резиновых виброизоляторов, $см^2$;

P – нагрузка приходящаяся на все виброизоляторы, $кг$.

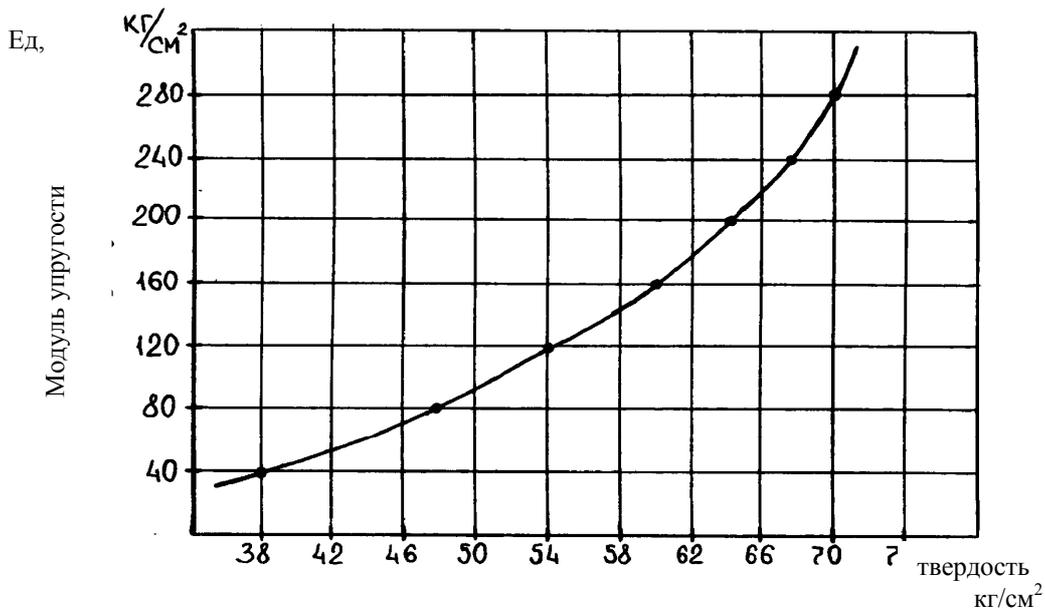


Рисунок 6.4– Зависимость динамического уровня упругости резины от ее твердости по ТМ–2

Таблица 6.2– Основные характеристики резины

Марка резины	Динамический модуль упругости $E_{д}$, Па	Статический модуль упругости $E_{ст}$, Па	Коэффициент неупругого сопротивления
3311	250	160	0,038
2959	630	300	0,14
112 А	600	440	0,16
1992	1000	370	0,19
2462	1700	520	0,31
2566	380	240	0,11

6.2.6. Рабочая высота каждого виброизолятора может быть определена по формуле:

$$H_p = E \cdot S / k_{\Sigma} \quad (6.13)$$

где S – площадь виброизолирующей прокладки, $см^2$;

k_{Σ} – требуемая общая жесткость всех виброизоляторов, определяемая по формуле 6.9.

6.2.7. Площадь виброизолирующей прокладки определяется по формуле:

$$S = M g / \sigma N, \quad (6.14)$$

где M – масса агрегата, кг;

N – число прокладок.

Поперечный размер A каждого резинового столбика (диаметр или сторона квадрата) выбирается из условия $h [A [8h$.

Если прокладка квадратного сечения, то $A = \sqrt{S}$; если цилиндр, то находят диаметр из формулы $S = \frac{\pi D^2}{4}$.

Число резиновых столбиков(прокладок) определяют по формуле: $N = S/S_l$.

6.2.8. Полная высота каждого виброизолятора рассчитывается по формуле:

$$H = H_p + 1/8 A. \quad (6.15)$$

Для резиновых виброизоляторов H_p может быть равно A .

Пример:

Виброскорость на рабочем месте оператора 8...10 мм/с на частотах 16, 31, 5; 63Гц, что в 4...5 раз больше нормы.

Рассчитать виброизоляцию, применяя резиновые виброизоляторы с $K_{II}=1/10$.

Общий вес виброизоляторной установки $P = 2123$ Н.

Определяем площадь виброизоляторов:

$$\sigma = P/S = 2123/30 = 70,6 \text{ см}^2.$$

Определяем рабочую высоту каждого виброизолятора по формуле, зная суммарную k_{Σ} жесткость всех виброизоляторов

$$H_p = \frac{E \cdot S}{k_{\Sigma}};$$

$$k_{\Sigma} = 4\pi^2 f_{0 \text{ доп}}^2 P/g = 4 \cdot 3,14^2 \cdot 8^2 \cdot 2123/980 = 5220 \text{ Н/см}.$$

Для вычисления $f_{0 \text{ доп}}$ сначала вычисляют акустическую эффективность виброизоляции: $\Delta L = 20lg (1/ K_{II})$.

Виброизоляция для механического оборудования должна обеспечивать получение ΔL (дБ) не менее:

– центробежные компрессоры	34;
– поршневые компрессоры, виброплощадки	17...26;
– центробежные насосы	26;
– вентиляторы с числом оборотов в минуту более 800	26
– 500...800	20...26
– 350...500	17...20

В нашем случае достаточна виброизоляция с $K_{II} = 1/10$.

Тогда $\Delta L = 20lg (1/(1/10)) = 20$ дБ.

Зная ΔL и наибольшую частоту собственных колебаний $f_{0 \text{ доп}} = 8$ Гц.

Тогда, приняв динамический модуль упругости резины $E_{\delta} = 250$ н/см² по таблице 6.3, определим H_p :

$$H_p = 250 \cdot 70,6 / 5220 = 3,38 \text{ см}$$

Определим площадь поперечного сечения одного виброизолятора, принимая 4 виброизолятора: $S_1 = 70,6/4 = 17,65 \text{ см}^2$.

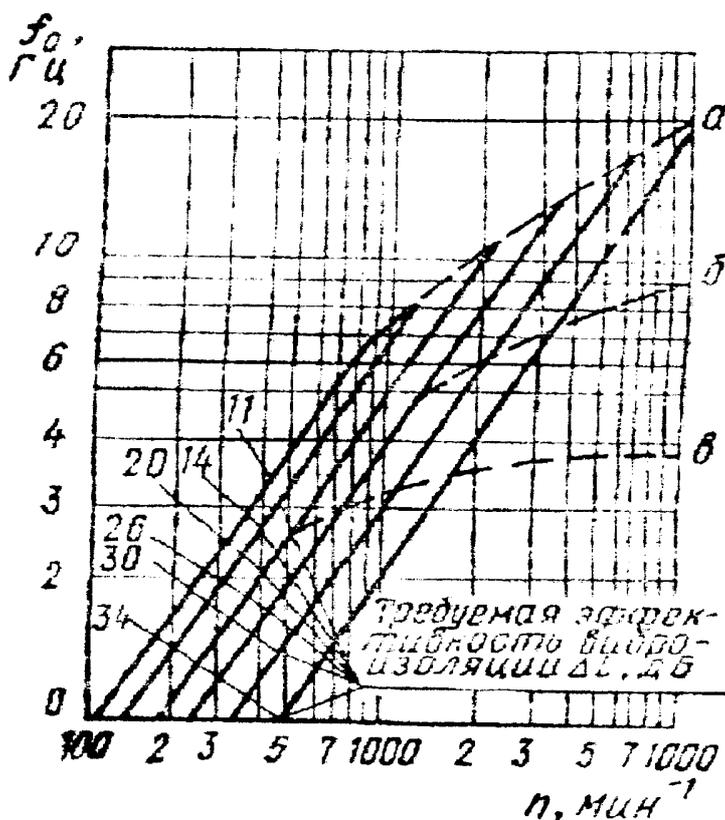
Принимаем сечение виброизолятора – квадрат со стороной 4,5 см, $S_1 = 20,25 \text{ см}^2$.

Резиновые виброизоляторы сохраняют устойчивость при выполнении условий $H_p < A < 1,5H_p$,

где A – диаметр или сторона квадрата сечения: $3,38 < 4,5 < 5,07$.

Таким образом, выбранные виброизоляторы сохраняют устойчивость от опрокидывания в процессе эксплуатации.

Определяем полную высоту $H = H_p + 1/8 A = 3,38 + (4,5/8) = 4 \text{ см}$.



- а– для подвальных этажей;
- б– для железобетонных междуэтажных перекрытий;
- в– для легких бетонных перекрытий.

Рисунок 6.5– Зависимость для определения собственных колебаний виброизолированной установки.

Теперь определяем фактическую виброизолирующую способность резиновых виброизоляторов принятых геометрических размеров.

Жесткость виброизоляторов: $K = E_{\delta} \cdot S / H_p = 250 \cdot 81 / 3,38 = 5222 \text{ Н/см}$,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{5222 \cdot 980}{2123}} = 7,8, \text{ Гц.}$$

Определяем коэффициент передачи:

- при $f=16$ Гц $K_{\Pi} = \frac{1}{(16/7,8)^2 - 1} = 1/3$
- при $f=20$ Гц $K_{\Pi} = 1/5$
- при $f=31$ Гц $K_{\Pi} = 1/14$
- при $f=63$ Гц $K_{\Pi} = 1/63$.

Вывод. Спроектированная виброизоляция на четырех виброизоляторах высотой 4 и шириной 4,5 см дает уменьшение виброскорости от 3 до 63 раз. Вибрация на рабочем месте не превысит норму на частотах 16 и 20 Гц и будет значительно ниже нормы на частотах 31 и 63 Гц.

6.3. Расчет пружинных изоляторов.

При использовании пружины в качестве виброизоляции порядок расчета таков:

- определяют коэффициент передачи K_{Π} по формуле 6.3;
- определяют частоту собственных колебаний по формуле 6.7;
- определяют статическую осадку X по формуле 6.11.

6.3.1. Определяют суммарную жесткость пружины по формуле:

$$K_{\Sigma} = \frac{M \cdot f_0^2}{25} = \frac{M}{\chi_{ст}}, \quad (6.16)$$

где M –масса виброизолируемого агента, Н;

Затем выбирают число пружин и рассчитывают жесткость одной пружины по формуле 6.10.

6.3.2. Рассчитывают диаметр прутка пружины по формуле:

$$d = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{K \cdot M \cdot C}{[\tau]}}, \quad (6.17)$$

где K – коэффициент, определяемый по графику на рисунке 6.6, Н/см;

C – индекс пружины, $c=D/d$ рекомендуется принимать от 4 до 10;

D – диаметр пружины, см;

M – масса агрегата, Н;

$[\tau]$ – допускаемое напряжение на срез для материала пружины (для стали $[\tau] = 4,3 \cdot 10^6$ Н/м), Па;

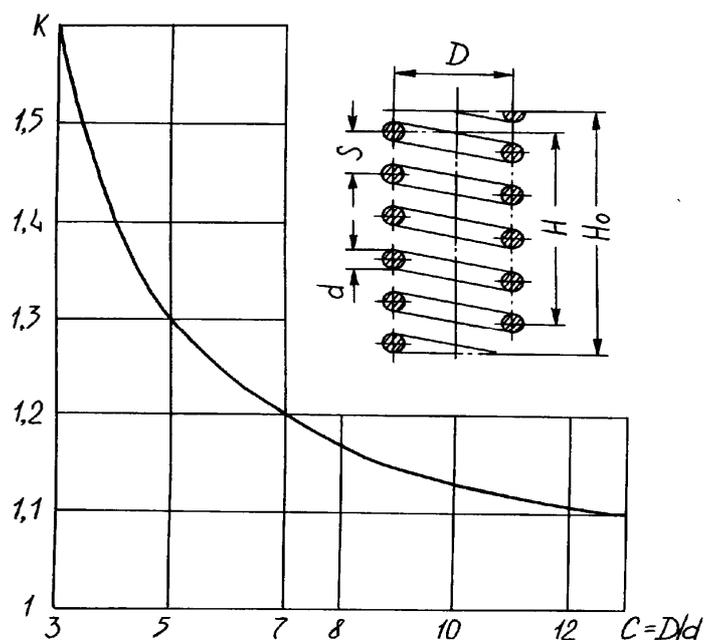


Рисунок 6.6– Зависимость коэффициента K от индекса пружины C.

6.3.3. Число рабочих витков пружины определяют по формуле:

$$i = \sigma \cdot d / (8K \cdot C^3), \quad (6.18)$$

где σ – модуль упругости на сдвиг для материала пружины, Па (для стали $\sigma = 8 \cdot 10$ МПа);

6.3.4. Число "мертвых" витков i_2 принимают при $i \leq 7$ $i_2 = 1,5$ на оба торца пружины; при $i > 7$ – $i_2 = 2,5$ витка.

6.3.5. Высота ненагруженной пружины определяется по формуле:

$$H_0 = i \cdot S + (i_2 + 0,5) \cdot d, \quad (6.19)$$

где S – шаг пружины, см; принимают $S = (0,25 \dots 0,5)D$;

i – число рабочих витков;

i_2 – число мертвых витков;

d – диаметр витка пружины, см.

При расчете пружин, работающих на сжатие, $H_0 / D \leq 1,5$, иначе пружины будут неустойчивыми.

6.3.6. Полная длина проволоки пружины (мм) определяется по формуле:

$$l = (i + 1,5) \sqrt{(\pi D)^2 + S^2}, \quad (6.20)$$

где i– число рабочих витков пружины;

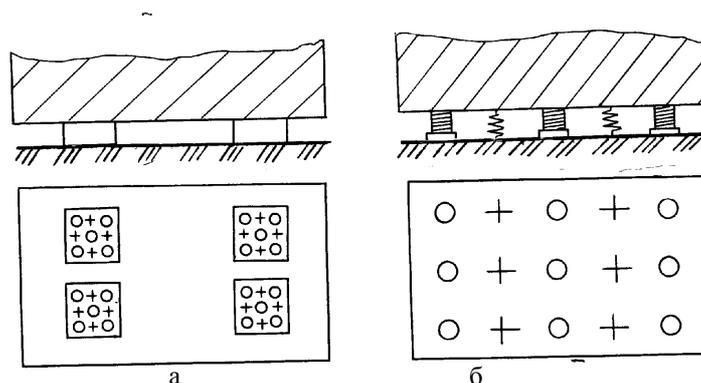
S– шаг пружины, см;

D– диаметр пружины, см.

6.3.7. Выбор пружин, работающих на сжатие, (при загрузке на одну пружину не менее 150кг) производится по таблице 6.3.

6.3.8. Комбинированные амортизаторы, состоящие из стальных пружин и резиновых элементов, применяются в тех случаях, когда затухание в амортизаторах из одних стальных пружин оказывается недостаточным.

Комбинированные амортизаторы могут существовать в виде "кустов" из пружин и резиновых элементов или в виде отдельных пружин и резиновых элементов, устанавливаемых под агрегатом, как показано на рисунке 6.7.



а– кустовое расположение;
б– раздельное расположение +– пружины, 0– резиновые элементы

Рисунок 6.7– Схемы комбинированных виброизоляторов из пружин и резиновых элементов.

Таблица 6.3– Параметры опорных пружин. Проволока стальная, углеродистая, пружинистая класс П, ГОСТ 9389–60

Наименование величины	Условное обозначение и единица измерения	Отношение среднего диаметра пружины к диаметру проволоки							
		7		8		9		10	
		число рабочих витков							
		4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5
Максимальная рабочая нагрузка на пружину	диаметр проволоки 5 мм								
	P_{max} , кг	46	46	41	41	38	38	32	32
Минимальная собственная частота вертикальных колебаний установки, при максимальной рабочей нагрузке	F_{oz} , Гц	4,2	3,9	3,7	3,3	3,1	2,9	2,9	2,6
Жесткость пружины в продольном направлении	k_z , кг/см	33	28	23	18	15	13	11	9

Средний диаметр пружины	D, мм	35	35	40	40	45	45	50	50
Высота пружины в нагруженном состоянии	H, мм	70	70	80	80	90	90	100	100
Полная высота пружины в ненагруженном состоянии	H ₀ , мм	75	75	85	85	95	95	105	105
Шаг незагруженной пружины	S, мм	15,6	12,7	17,8	14,5	20,0	16,4	22,5	18,2
Полная длина проволоки	L, мм	660	770	775	880	850	990	495	1100
Максимальная рабочая нагрузка на пружину	диаметр проволоки 6 мм								
	P _{max} , кг	66	66	60	60	55	55	49	49
Минимальная собственная частота вертикальных колебаний установки, при максимальной рабочей нагрузке	F _{oz} , Гц	3,9	3,5	3,3	3,0	2,9	2,6	2,7	2,4
Жесткость пружины в продольном направлении	k _z , кг/см	40	33	27	22	19	15	14	11
Средний диаметр пружины	D, мм	42	42	48	48	54	54	60	60
Высота пружины в нагруженном состоянии	H, мм	84	84	96	96	108	108	120	120
Полная высота пружины в ненагруженном состоянии	H ₀ , мм	90	90	102	102	114	114	126	126
Шаг незагруженной пружины	S, мм	18,7	15,3	21,4	17,4	24	19,6	26,7	21,8
Полная длина проволоки	L, мм	795	925	905	1060	1020	1190	1135	1320
Максимальная рабочая нагрузка на пружину	Диаметр проволоки 7 мм								
	P _{max} , кг	90	90	82	82	74	74	6,5	6,5
Минимальная собственная частота вертикальных колебаний установки, при максимальной рабочей нагрузке	F _{oz} , Гц	3,6	3,2	3,1	2,8	2,7	2,4	2,5	2,2

Жесткость пружины в продольном направлении	k_z , кг/см	46	38	31	26	22	17	16	13
Средний диаметр пружины	D , мм	49	49	56	56	63	63	70	70
Высота пружины в нагруженном состоянии	H , мм	98	98	112	112	126	126	140	140
Полная высота пружины в ненагруженном состоянии	H_0 , мм	105	105	119	119	133	133	147	147
Шаг незагруженной пружины	S , мм	21,8	17,8	24,9	20,4	28,0	23,0	31,1	25,4
Полная длина проволоки	L , мм	925	1080	1060	1230	1190	1390	1320	1540
Максимальная рабочая нагрузка на пружину	Диаметр проволоки 8 мм								
	P_{max} , кг	118,5	118,5	107	107	96,5	96,5	83	83
Минимальная собственная частота вертикальных колебаний установки, при максимальной рабочей нагрузке	F_{oz} , Гц	3,3	3,0	2,9	2,6	2,5	2,3	2,3	2,1
Жесткость пружины в продольном направлении	k_z , кг/см	53	43	36	29	25	20	18	15
Средний диаметр пружины	D , мм	56	56	64	64	72	72	80	80
Высота пружины в нагруженном состоянии	H , мм	112	112	128	128	144	144	160	160
Полная высота пружины в ненагруженном состоянии	H_0 , мм	120	120	136	136	152	152	168	168
Шаг незагруженной пружины	S , мм	24,9	20,4	28,5	23,2	32,0	26,2	35,6	29,1
Полная длина проволоки	L , мм	1060	1230	1210	1410	1360	1590	1510	1760
Максимальная рабочая нагрузка на пружину	Диаметр проволоки 9 мм								
	P_{max} , кг	150	150	135,5	135,5	122	122	102	102
Минимальная собственная частота вертикальных колебаний установ-	F_{oz} , Гц	3,2	2,9	2,7	2,5	2,4	2,2	2,2	2,0

ки, при максимальной рабочей нагрузке									
Жесткость пружины в продольном направлении	k_z , кг/см	60	49	40	33	28	23	20	17
Средний диаметр пружины	D , мм	63	63	72	72	81	81	90	90
Высота пружины в нагруженном состоянии	H , мм	126	126	144	144	162	162	180	180
Полная высота пружины в ненагруженном состоянии	H_0 , мм	135	135	153	153	171	171	189	189
Шаг незагруженной пружины	S , мм	28,0	22,9	32,0	26,2	36,0	29,4	40,0	32,8
Полная длина проволоки	L , мм	1190	1390	1360	1590	1530	1780	1700	1980

7. Расчет технических средств защиты от шума

7.1. Требуемое снижение уровня шума определяется по формуле:

$$\Delta L_{TP} = L - L_N, \quad (7.1)$$

где L – уровни шума оборудования, дБ;

L_N – нормативное значение уровней шума, дБ.

Нормативные значения уровней шума приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Нормативные значения уровней шума (ГОСТ 12.1.003)

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со средне геометри- ческими частотами, Гц								Уровни звука и эк- вивалент- ные уровни, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Предприятия, учреждения, организации									
1. Помещения конструкторских бюро программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	63	55	52	50	49	60
3. Кабинеты наблюдений и дистанционного управления, а) без речевой связи по телефону,	94	87	82	78	75	73	71	70	80
б) с речевой связью по телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Помещения и участки точной сборки, машинописные бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
5. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ,	94	87	72	78	75	73	71	70	80
6. Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятия, постоянные рабочие места стационарных машин.	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Уровни звукового давления оборудования предоставлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2. – Уровни звукового давления оборудования

Тип оборудования	Уровни звукового давления, дБА
Станки:	
– -рейсмусовый	100...120
– -фуговальный	100...110
– -фрезерный	90...100
– -сверлильный	90...93
– -токарный	90...92
– -заточной	90...94
– -шлифовальный	85...88
Компрессор	135...145
Пресс	85...90
Насосная очистных сооружений	93...95
Моторное отделение кабельной	93...95
Краскопульт	95...100
Двигатель тракторный, автомо- бильный на испытательном стенде	90...100
Пневмоинструмент	100...110
Авиационный двигатель	110...120
Сушильный барабан	65...70
Центрифуга	75...80
Пресс ротационный	80...90
Электропечь	90...97
Смеситель	100...105
Ленточный конвейер	100...103
Молотилка пневматическая	95...97
Термичная закалочная печь	90...93
Магнитный кран	93...100
Ковочный молот	100...120

7.2. Звукоизолирующая способность ограждения (стены, перегородки) определяется из выражения:

$$R_{mp. o\text{гр}} = L - \lg B + 10 \lg S_{o\text{гр}} - L_N, \quad (7.2)$$

где L – активные уровни звукового давления в шумном помещении, дБ;
 \lg – десятичный логарифм;
 B – постоянная помещения, определяемая по графику на рисунке 7.1 в зависимости от объема помещения;
 $S_{o\text{гр}}$ – площадь ограждения, м²;
 L_N – допустимые активные уровни звукового давления, дБ определяются по таблице 7.1.

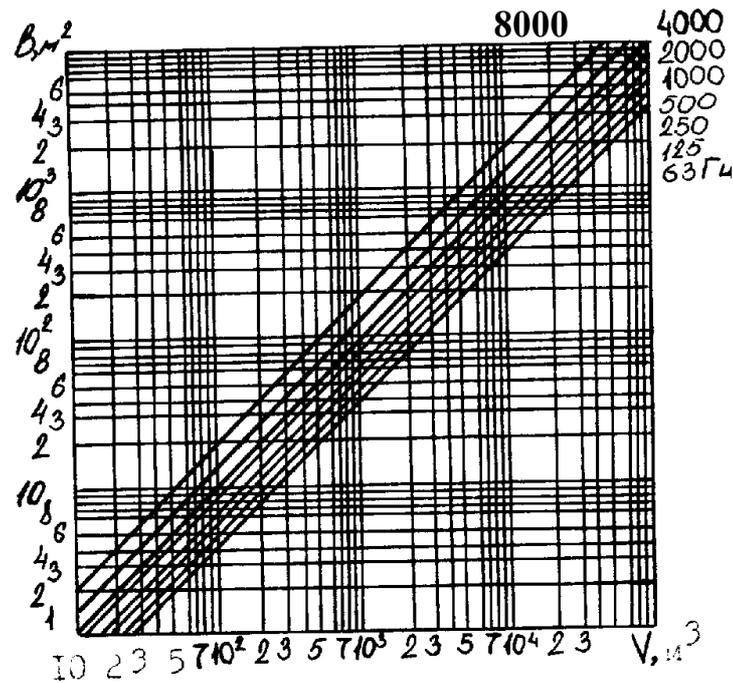


Рисунок 7.1— График для определения постоянной B .

По вычисленным значениям требуемой звукоизолирующей способности помещения $R_{тр. огр}$ подбирается материал таким образом, чтобы реальные значения $R_{огр}$ для каждой активной полосы частот были не ниже, чем $R_{тр. огр}$.

7.3. Уровень шума в изолируемом помещении $L_{из}$ определяется по формуле:

$$L_{из} = L - R_{огр} - 10 \lg B + 10 \lg S_{огр}, \quad (7.3)$$

где $R_{огр}$ — звукоизолирующая способность реальной конструкции ограждения, дБ.

7.4. Требуемая звукоизолирующая способность стенок кожуха $R_{тр. кож}$ определяется по формуле:

$$R_{тр. кож} = \Delta L_{тр} + 10 \lg (S_{кож}/S_{ист}), \quad (7.4)$$

где $\Delta L_{тр}$ — требуемое снижение уровня шума, дБ;

$S_{кож}$ — площадь поверхности кожуха, m^2 ;

$S_{ист}$ — площадь воображаемой поверхности, вплотную окружающую источник шума, m^2 .

Конструкцию кожуха подбирают таким образом, чтобы его звукоизолирующая способность была для каждой активной полосы не менее требуемой.

7.5. Уровень шума в расчетной точке после установки кожуха на источник шума определяется по формуле:

$$L_{кож} = L - R_{кож} + 10 \lg (S_{кож}/S_{ист}), \quad (7.5)$$

где L — уровень шума в расчетной точке до установки кожуха, дБ;

$R_{кож}$ — звукоизолирующая способность реальной конструкции стенок кожуха, дБ.

7.6. Эффективность установки звукоизолирующего кожуха оценивается по формуле:

$$\Delta L_{\text{кож}} = R_{\text{кож}} + 10 \lg \alpha_{\text{обл}}, \quad (7.6)$$

где \lg – десятичный логарифм;

$\alpha_{\text{обл}}$ – коэффициент звукопоглощения облицовки кожуха. Для звукопоглощающих материалов ($\alpha_{\text{обл}} > 0,2$ выбирается из таблицы 7.3);

Таблица 7.3 – Коэффициенты звукопоглощения материалов и конструкций

Материалы и конструкции	Толщина слоя, мм	Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
Бетон	20	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
Маты АТМ – 50По	70	0,36	0,76	0,98	0,91	0,88	0,64
–2 слоя	140	0,93	0,99	0,98	0,91	0,88	0,64
Плиты АГШ–Б–500	10	0,07	0,44	0,72	0,56	0,40	0,30
Плиты ПА/О	20	0,01	0,17	0,68	0,98	0,86	0
–ПА/С	20	0,05	0,21	0,66	0,91	0,96	45
–ПП/80	50	0,14	0,52	0,90	0,99	0,92	0,89
–ПП/80	100	0,50	0,92	0,98	0,95	0,91	0,82
"Стимет"	–	0,43	0,98	0,99	0,99	0,95	0,80
Тонкая алюминиевая стружка	40	0,18	0,35	0,55	0,67	0,63	0,87
Фанера	3	0,20	0,28	0,26	0,09	0,12	0,63
Холст СТБ	50	0,11	0,34	0,83	0,92	0,93	0,11
–2 слоя	100	0,28	0,82	0,97	0,93	0,99	0,81
Войлок	25	0,18	0,36	0,71	0,79	0,82	0,85
Деревянная обшивка		0,10	0,11	0,11	0,08	0,08	0,85
Кирпичная стена		0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,11
Мрамор		0,01	–	0,01	–	0,01	0,07
Стекло одинарное		0,03	–	0,027	–	0,02	–
Стекловата	90	0,32	0,40	0,51	0,60	0,65	0,60
Х/б ткань		0,03	0,04	0,11	0,17	0,24	0,35
Штукатурка гипсовая		0,013	0,015	0,02	0,028	0,04	0,05
Штукатурка известковая		0,25	0,045	0,06	0,085	0,043	0,058

7.7. Требуемая звукоизолирующая способность кабины определяется по формуле:

$$R_{mp.каб} = L + 10 \lg S/B - L_N, \quad (7.7)$$

где L – уровни шума в расчетной точке до установки кабины, дБ;

B – постоянная помещения кабины, m^2 , (определяется по графику на рисунке 7.1);

S – площадь ограждений, через которые шум проникает из шумного помещения (суммарная площадь ограждающих поверхностей кабины за исключением пола), m^2 ;

$$S = ab + 2bh + 2ah,$$

где a – длина, м;

b – ширина, м;

h – высота кабины, м.

L_N – допустимые значения уровней звукового давления в кабине, дБ.

Реальную конструкцию ограждения выбирают таким образом, чтобы ее звукоизолирующая способность в каждой активной полосе была не менее требуемой.

7.8. Уровень шума определяется по формуле:

$$L_{каб} = L - R_{каб}, \quad (7.8)$$

где L – уровни шума в расчетной точке до установки кабины, дБ;

$R_{каб}$ – звукоизолирующая способность реальной конструкции стен кабины, дБ.

7.9. Расчет ослабления шума трубчатым глушителем производится по формуле:

$$\Delta L_{гл} = 1,2 \cdot \alpha_{obl} \cdot (\Pi/S_k) \cdot l, \quad (7.9)$$

где α_{obl} – коэффициент звукопоглощения, (таблица 7.3);

Π – периметр свободного сечения облицованного канала, м;

S_k – площадь свободного сечения канала, m^2 ;

l – длина облицованного участка канала, м.

7.10. Объем глушителей шума на выпуске для четырехтактных дизелей определяется по формуле:

$$V_{гл} = k \cdot \frac{60 \cdot S}{n} \cdot \sqrt{i}, \quad (7.10)$$

где $V_{гл}$ – объем глушителя, m^3 ;

k – коэффициент учитывающий требуемую степень заглушения шума в зависимости от уровни эксплуатации, $k = 5 \cdot 10^3 \dots 5 \cdot 10^4$;

S – ход поршня, м;

n – частота вращения коленвала, s^{-1} ;

i – число рабочих цилиндров дизеля.

7.11. Длина глушителя определяется по формуле:

$$l = \frac{4 \cdot V_{zt}}{\pi D_n^2}, \quad (7.11)$$

где l – длина глушителя, м;

D_n – наружный диаметр глушителя, м; принимается конструктивно.

8. Расчет технических средств защиты то излучений

8.1. Защита от теплового излучения

8.1.1. Интенсивность излучения ($\text{Вт}/\text{м}^2$) рассчитывается по формуле:

$$E = \varepsilon \cdot C_o \left(\frac{T}{100} \right)^4, \quad (8.1)$$

где ε – степень черноты полного излучения материала, приведена в таблице 8.1:

C_o – коэффициент излучения, ($C_o = 4,5$ – металл; $C_o = 5,3$ – огнеупорный материал; $C_o = 5,67$ – абсолютно черное тело), $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$;

T – температура излучаемого тела, К.

Таблица 8.1 – Степень черноты полного излучения

Материал	$t, ^\circ\text{C}$	ε
Алюминий окисленный	200...600	0,11...0,19
Сталь:		
– листовая шероховатая;	940...1100	0,52...0,61
– оцинкованная окисленная	24	0,276
Чугун шероховатый	40...250	0,95
Медь полированная	115	0,023
Асбестовый картон	24	0,96
Кирпич:		
– шамотный;	1100	0,75
– магнезитовый;	1500	0,39
– красный	20	0,93
Штукатурка известковая	20	0,91

8.1.2. Интенсивность облучения от нагретой поверхности в зависимости от расстояния определяется по формулам:

$$r \geq \sqrt{F} \quad E = \frac{0,91 \cdot F \cdot \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{доп}}}{100} \right)^4 \right]}{r^2}; \quad (8.2)$$

$$r < \sqrt{F} \quad E = \frac{0,91 \cdot \sqrt{F} \cdot \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{доп}}}{100} \right)^4 \right]}{r}, \quad (8.3)$$

где r – расстояние от источника облучения до рабочего места, м;

F – площадь излучаемой поверхности, м²;

T – температура излучаемой поверхности, К;

$T_{\text{доп}}$ – допустимая температура на поверхности оборудования, $T_{\text{доп}} \leq 318$ К.

Если $E > 350$ Вт/м², то необходимы технические материалы по уменьшению излучения на человека.

8.1.3. Количество теплоты, отдаваемой единицей поверхности в единицу времени в окружающую среду, определяется по формуле:

$$q = \alpha(t_{\text{из}} - t_{\text{в}}), \quad (8.4)$$

где α – суммарный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·°С);

$t_{\text{из}}$ – температура на изолированной поверхности, °С;

$t_{\text{в}}$ – температура воздуха в помещении, °С.

8.1.4. Суммарный коэффициент теплоотдачи определяют по формуле:

$$\alpha = \alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{л}}, \quad (8.5)$$

где $\alpha_{\text{к}}$ – коэффициент теплоотдачи от изолированной стенки к воздуху, Вт/(м²·°С);

$\alpha_{\text{л}}$ – коэффициент теплоотдачи от изолированной стенки к воздуху путем лучеиспускания, Вт/(м²·°С).

8.1.5. Коэффициент $\alpha_{\text{л}}$ рассчитывают по формуле:

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{C_0 / \varepsilon \left[\left(\frac{T_{\text{вн}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{из}}}{100} \right)^4 \right]}{T_{\text{вн}} - T_{\text{из}}}, \quad (8.6)$$

где C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м²·К⁴);

ε – степень черноты тела;

$T_{\text{вн}}$ – температура внутри аппарата, К;

$$T_{вн} = 273 + t_{вн},$$

где $t_{вн}$ – температура внутри аппарата, °С;

$T_{из}$ – температура на изолированной поверхности, К;

$$T_{из} = 273 + t_{из},$$

где $t_{из}$ – температура на изолированной поверхности, °С, (не более 45 °С).

8.1.6. Коэффициент α_{κ} рассчитывают по формуле:

$$\alpha_{\kappa} = \frac{N_u \cdot \lambda}{L}, \quad (8.7)$$

где N_u – критерий Нуссельта;

λ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м²·°С), выбираемый по таблице 8.2;

L – характерный размер тела (цилиндр – диаметр, горизонтальный параллелепипед – ширина, вертикальный параллелепипед – высота).

8.1.7. Критерий Нуссельта определяют по формуле:

$$N_u = c(G_r \cdot P_r)^h, \quad (8.8)$$

где c и h – эмпирические коэффициенты, выбираются по таблице 8.3;

G_r – критерий Грасгофта;

P_r – критерий Прандтля, приведен в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Коэффициенты теплопроводности, кинематической вязкости и критерий Прандтля

Температура воздуха, °С	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м ² ·°С)	Коэффициент кинематической вязкости ν , м ² /(с·10 ⁻⁶)	Критерий Прандтля P_r
10	0,0251	14,16	0,705
20	0,0259	15,06	0,703
30	0,0267	16,00	0,701
40	0,0276	16,96	0,699
50	0,0283	17,95	0,698

8.1.8. Критерий Грасгофта определяют по формуле:

$$G_r = \beta \cdot g \cdot \frac{L^3}{\nu^2} (t_{из} - t_{с}), \quad (8.9)$$

где β – коэффициент объемного расширения, °С;

$$\beta = \frac{1}{273 + t_g};$$

t_g – температура воздуха в помещении, °С;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/(с·10⁻⁶), выбираемый по таблице 8.2.

Таблица 8.3 – Значение коэффициентов c и h для воздуха

$G_r \cdot P_r$	c	h
$1 \cdot 10^{-3}$	0,500	0
$1 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^2$	1,180	1/8
$5 \cdot 10^2 \dots 2 \cdot 10^7$	0,540	1/4
$2 \cdot 10^7 \dots 1 \cdot 10^{18}$	0,135	1/3

8.1.9. Коэффициент теплопередачи рассчитывается по формулам:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_{изол}}{\lambda_{изол}}}, \quad (8.10)$$

где α – суммарный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·°С);

$\delta_{ст}$, $\delta_{изол}$ – толщина изолируемой стенки и изоляционного материала, м;

$\lambda_{ст}$, $\lambda_{изол}$ – коэффициент теплопроводности стенки и материала, Вт/(м·°С), выбираемый по таблице 8.4 в зависимости от температуры.

$$K = \frac{q}{t_{вн} - t_g}, \quad (8.11)$$

где q – количество теплоты, отдаваемой единицей поверхности тела в единицу времени, Вт/м²;

$t_{вн}$ – температура внутри аппарата, °С;

t_g – температура воздуха в помещении, °С.

8.1.10. Толщину изоляции можно определить, преобразовав выражение (8.10), по формуле:

$$\delta_{изол} = \lambda_{изол} \left(\frac{1}{K} - \frac{1}{\alpha} - \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} \right). \quad (8.12)$$

Таблица 8.4 – Коэффициенты теплопроводности материалов

Материал	Температура	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
1	2	3
Асбест:		
- листовой;	30	0,12
- волокно	50	0,11
Войлок шерстяной	30	0,05
Глина огнеупорная	450	1,04
Дерево сосна	20	0,11
Картон гофрированный	20	0,06
Кирпич:		
- изоляционный;	100	0,14
- строительный	20	0,23...0,30
Кожа	30	0,16
1	2	3
Резина	0	0,16
Стеклянная вата	0	0,04
Алюминий	0	204,00
Броня	20	64,00
Латунь	0	85,50
Сталь	0	45,40
Чугун	0	63,00

8.2. Защита от электромагнитных полей

8.2.1. Эффективность экранирования сплошного экрана удовлетворяет неравенству:

$$\mathcal{E} > e^{\frac{d}{\delta}}, \quad (8.13)$$

где \mathcal{E} – эффективность экранирования, дБ;
 d – толщина материала экрана, м;
 δ – глубина проникновения поля в экран, м;
 $e = 2,718$

8.2.2. Глубина проникновения поля в экран определяется по формуле:

$$\delta = \frac{1}{k} = \sqrt{\frac{2}{\omega\gamma\mu_3}} \quad (8.14)$$

где k – коэффициент затухания;
 μ_3 – абсолютная магнитная проницаемость материала экрана, Ом·с/м;
 γ – электрическая проводимость, 1/Ом·м; (для алюминия $\gamma=3,55 \cdot 10^7$,
 для стали $\gamma=1 \cdot 10^7 \dots 10^5$ 1/Ом·м)
 ω – круговая частота электромагнитных колебаний, $\omega=2\pi f$,
 f – частота волны, Гц.

Глубину проникновения электромагнитного поля в экран можно определить из графика на рисунке 8.1.

8.2.3. Абсолютная магнитная проницаемость материала экрана определяется по формуле:

$$\mu_3 = \mu_0 \cdot \mu'_3, \quad (8.15)$$

где μ_0 – магнитная проницаемость вакуума, Г/м; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Г/м;
 μ'_3 – относительная магнитная проницаемость, Г/м.

Для немагнитных материалов $\mu'_3 = 1$;

- для алюминия $\mu'_3 = 1$; $\mu_3 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Г/м;
- для стали $\mu'_3 = 2000$; $\mu_3 = 8\pi \cdot 10^{-4}$ Г/м.

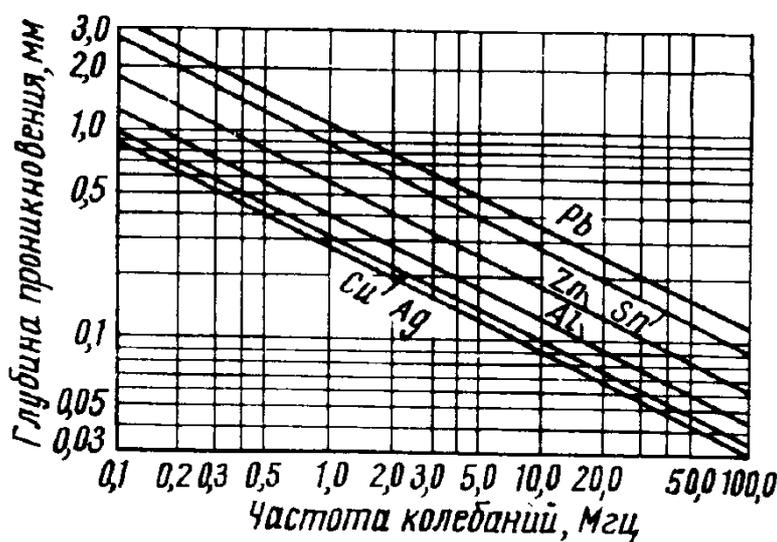


Рисунок 8.1 – Глубина проникновения электромагнитных полей в толщину экрана

8.2.4. Толщина экрана, обеспечивающая заданное ослабление электромагнитного поля Э, может быть рассчитана по формуле:

$$d = \frac{\ln \mathcal{E}}{k}, \quad (8.16)$$

где \ln – логарифм натуральный;

Э – степень ослабления электромагнитного поля (эффективность экранирования), дБ;

k – коэффициент затухания потока мощности.

Эффективность защиты будет велика, если толщина материала экрана существенно превосходит глубину проникновения $d \ll \delta$. Как правило глубина проникновения в экране меньше 1 мм. Эффективность экранирования различных материалов приведена в таблице 8.5

Таблица 8.5 – Эффективность материалов для экранирования полей высоких частот металлическими листами и сетками

Вид экрана	Материал экрана	Частота, кГц				
		10	100	1000	10000	100000
Металлические листы толщиной 0,5 мм	Сталь	$2,5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^8$	$>10^{12}$	$>10^{12}$	$>10^{12}$
	Медь	$5 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^8$	$>10^{12}$	$>10^{12}$
	Алюминий	$3 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^8$	$>10^{12}$	$>10^{12}$
Металлические сетки	Медь (диаметр проволоки 0,1 мм, ячейки 1x1 мм)	$3,5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$
	Медь (диаметр проволоки 1мм, ячейка 10x10 мм)	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$
	Сталь (диаметр проволоки, 0,1мм, ячейка 1x1мм)	$6 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$9 \cdot 10^2$
	Сталь (диаметр проволоки 1мм, ячейка 10x10мм)	$2 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^2$

8.3. Защита от ионизирующих излучений

8.3.1. Длина пробега α -частицы в данном слое определяется по формуле:

$$l_{\alpha} = 10^{-4} \cdot \frac{\sqrt{A \cdot E_{\alpha}^3}}{\rho}, \quad (8.17)$$

где l_{α} – длина пробега, см;

A – атомарная масса, $A_{\alpha} = 6,6444 \cdot 10^{-24}$ г;

E_{α} – энергия α -частиц, МэВ;

ρ – плотность вещества, г/см³.

8.3.2. Длина пробега α -частиц в воздухе определяется по формуле:

$$l_{\alpha} = a \cdot v^3 = k \cdot E^{3/2}, \quad (8.18)$$

где a – коэффициент, равный $9,67 \cdot 10^{-28}$;

v – скорость α частиц, см/с;

K – коэффициент, зависящий от температуры и давления воздуха, $k=0,318$ при $P=760$ мм. рт ст. и $t=15^{\circ}\text{C}$.

Длину пробега α -частиц можно выбрать по таблице 8.6

Таблица 8.6 –Пробеги α -частиц в воздухе, алюминии и биологической ткани

Энергия α -частиц, $M_{\text{эв}}$	Воздух, см	Алюминий, мкм	Биологическая ткань, мкм
4,0	2,5	16	31
4,5	3,0	20	37
5,0	3,5	23	43
5,5	4,0	26	49
6,0	4,6	30	56
6,5	5,2	34	64
7,0	5,9	38	72
7,5	6,6	43	81
8,0	7,4	48	91
8,5	8,1	53	100
9,0	8,9	58	110
9,5	9,8	64	120
10,0	10,6	69	130

Толщина защитного экрана должна быть не меньше длины пробега α -частиц;

$$d \gg l_{\alpha}$$

8.3.3. Толщина защитного экрана от β - частиц по формуле:

$$l_{\beta} = 0,543 E_{\text{max}} - 0,16, \quad (8,19)$$

где E_{max} – максимальная энергия β -спектра, $M_{\text{эв}}$;

l_{β} - пробег β -частиц, г/см².

Пробег β -частицы можно определить из таблицы 8.7.

Таблица 8.7 – Максимальные пробеги β -частиц

Энергия β -частиц, МэВ	Воздух, м	Вода, мм	Алюминий, мм
0,01	0,0029	0,00247	0,00127
0,02	0,00773	0,00841	0,00422
0,03	0,0161	0,0175	0,00870
0,04	0,0266	0,0290	0,0143
0,05	0,0394	0,0431	0,0212
0,06	0,0541	0,591	0,0289
0,07	0,0708	0,0774	0,0378
0,08	0,0889	0,0974	0,0474
0,09	0,109	0,119	0,0578
0,10	0,130	0,143	0,0693
0,15	0,256	0,281	0,135
0,20	0,407	0,448	0,214
0,25	0,747	0,638	0,304
0,30	0,763	0,841	0,400
0,35	0,959	1,06	0,504
0,40	1,168	1,29	0,611
0,45	1,384	1,52	0,722
0,50	1,601	1,77	0,837
0,55	1,817	2,01	0,952
0,60	2,050	2,27	1,070
0,65	2,274	2,52	1,193
0,70	2,513	2,78	1,315
0,75	2,746	3,04	1,437
0,80	2,985	3,31	1,559
0,85	3,217	3,57	1,685
0,90	3,449	3,84	1,807
0,95	3,697	4,11	1,933
1,0	3,936	4,38	2,059
1,2	4,896	5,47	2,563
1,4	5,868	6,56	3,070
1,6	6,821	7,66	3,574
1,8	7,781	8,75	4,074
2,0	8,732	9,84	4,593
2,2	9,683	10,90	5,074
2,4	10,611	12,0	5,593
2,6	11,510	13,10	6,074
2,8	12,459	14,20	6,593
3,0	13,411	15,30	7,741
4,0	17,858	20,60	9,841
5,0	22,281	25,80	11,889
6,0	25,156	31,00	14,259
8,0	34,377	41,30	–

Толщина экрана для поглощения β -излучения приведена в таблице 8.8

Таблица 8.8– Толщина экрана для поглощения β -излучения

Изотоп	Максимальный пробег β -частиц, мг/см ²	Энергия β -частиц, МэВ	Толщина экрана			
			вода	стекло, алюминиевый бетон	сталь	свинец
C ¹⁴	28	0,15	0,28	0,10	0,036	0,026
P ³²	780	1,72	7,80	2,9	1,00	0,71
S ³⁵	31,5	0,17	0,32	0,12	0,041	0,029
Cl ³⁶	220	0,64	2,20	0,82	0,28	0,20
Ca ⁴⁵	64	0,26	0,64	0,23	0,081	0,057
Sc ⁴⁷	130	0,46	1,30	0,48	0,167	0,118
Su ⁸⁹	605	1,48	6,05	2,2	0,78	0,55

Толщина экрана в зависимости от энергии β -частиц можно определить по графику на рисунке 8.2.

8.3.4. Толщину защитного экрана для γ -лучей можно определить по формуле:

$$d \approx n \cdot \delta, \quad (8.20)$$

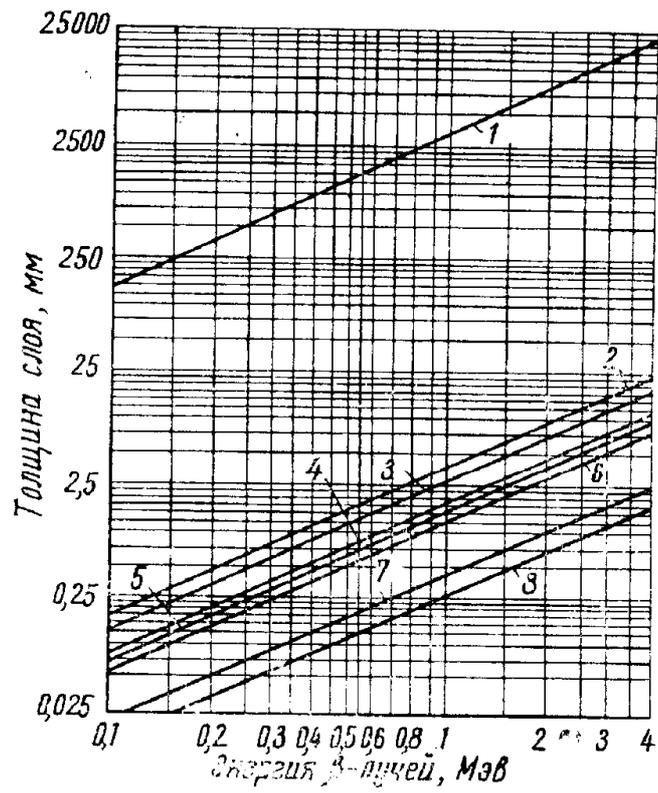
где d – толщина экрана, см;

h – число слоев половинного ослабления, необходимых для получения кратности ослабления, равной k ; $k = 2^n$;

δ – толщина слоя половинного ослабления, см; приведена в таблице 8.9 для узкого пучка γ -лучей (у. п.) и для широкого пучка (ш. п.).

Таблица 8.9 – Значение толщины слоев половинного ослабления в зависимости от энергии γ -квантов

Материал	Энергия γ -квантов, МэВ									
	0,5		0,6		0,8		1,0		1,25	
	у. п.	ш. п.	у. п.	ш. п.	у. п.	ш. п.	у. п.	ш. п.	у. п.	ш. п.
Вода	7,2	11,0	7,7	11,0	8,8	12,0	9,8	12,0	11,0	14,0
Бетон	3,4	4,7	3,7	5,0	4,2	5,8	4,6	6,4	5,2	7,3
Железо	1,05	1,5	1,15	1,7	1,3	2,0	1,5	2,1	1,7	2,4
Свинец	0,4	0,5	0,55	0,6	0,7	0,85	0,95	1,0	1,1	1,1



1 — воздух; 2 — вода; 3 — люцит; 4 — бетон; 5 —
стекло; 6 — алюминий; 7 — чугун; 8 — свинец

Рисунок 8.2— Толщина слоя различных материалов
для поглощения β -излучения

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда. /П.П. Кукин, В.Л.Лапин. – М.: Высш. шк., 2003. – 439 с.
2. Беляков Г.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве. Охрана труда. – СПб.: Изд-во «Лань», 2006. – 512 с.
3. Зайцев В.П., Свердлов М.С. Охрана труда в животноводстве. М.: Колос, 1981. – 320 с.
4. Зотов Б.И., Курдюмов В.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве. - М.: Колос, 2000.
5. Колесник А.Л. Курсовое и дипломное проектирование. – М.: Колос, 1983.
6. Раздорожный А.А. Охрана труда и производственная безопасность. – М.: Экзамен, 2007. – 510 с.
7. Свердлов М.С., Власов М.А. Охрана труда в животноводстве. – М.: Агропромиздат, 1991. – 80 с.
8. Справочник механизатора-животновода / З.Ф. Каптур и др. – Минск: Ураджай, 1981. – 432 с.
9. Шкрабак В.С. Охрана труда. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 247 с.

Методические указания

**Лумисте Елена Геннадьевна
Ляхова Людмила Александровна
Агеенко Людмила Валерьевна**

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА
НА ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТАХ**

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 26.05.2009 г. Формат 60x84. 1/16.
Бумага офсетная. Усл.п.л. 5.34. Тираж 100 экз. Изд.№ 1404.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянская ГСХА.