

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Методические указания

по организации практических работ обучающихся
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов направления подготовки /
специальности
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) Электроэнергетические системы и сети

Ставрополь, 2026

Содержание

Предисловие	4
Практическое занятие № 1 Расчет кратности воздухообмена в помещении	8
Практическое занятие № 2 Определение уровня шума и звукоизоляции	20
Практическое занятие № 3 Расчет рассеивания холодных выбросов из одиночного источника	27
Практическое занятие № 4 Расчет установок искусственного освещения по методу удельной мощности	32
Практическое занятие № 5 Расчет установок искусственного освещения по методу светящейся линии	48
Практическое занятие № 6 Расчет установок искусственного освещения по методу коэффициента использования	50
Практическое занятие № 7 Расчет установок искусственного освещения по точечному методу	56
Практическое занятие № 8 Расчет установок искусственного освещения по методу круглосимметричных точечных излучателей	62
Практическое занятие № 9 Расчет эффективности звукопоглощения	76
Практическое занятие № 10 Расчет заземления в двухслойной земле	91
Практическое занятие № 11 Назначение и устройство защитного заземления	95
Литература	110

Предисловие

Одной из основных дисциплин, на которых базируются курсы направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профилей подготовки: «Электроснабжение», «Электроэнергетические системы и сети», «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», «Цифровые технологии в электроэнергетике»), является дисциплина «Безопасность жизнедеятельности».

"Безопасность жизнедеятельности" – обязательная базовая дисциплина, в которой соединена тематика безопасного взаимодействия человека со средой обитания (производственной, бытовой, городской, природной) и вопросы защиты от негативных факторов чрезвычайных ситуаций. Изучением дисциплины достигается формирование у специалистов представления о неразрывном единстве эффективной профессиональной деятельности с требованиями к безопасности и защищенности человека. Реализация этих требований гарантирует сохранение работоспособности и здоровья человека, готовит его к действиям в экстремальных условиях.

Знания, умения и навыки, полученные студентами при изучении данной дисциплины, используются при выполнении магистерской диссертационной работы, а также представляют собой значительную долю знаний, умений и навыков, необходимых выпускникам в профессиональной научной деятельности.

Для освоения дисциплины поставлены следующие **задачи**:

- формирование у студентов систематических знаний фундаментальных принципов и создания комфортного (нормативного) состояния среды обитания в зонах трудовой деятельности и отдыха человека;
- получение знаний по разработке и реализации мер защиты человека и среды обитания от негативных воздействий;
- развитие навыков в принятии решений по защите производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных

бедствий и применения современных средств поражения, а также принятия мер по ликвидации их последствий;

Дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» призвана стать теоретической основой для выработки у студентов умений и навыков повышения электробезопасности повседневным улучшением условий труда, совершенствованием мер и средств защиты персонала и других лиц, занимающихся эксплуатацией электроустановок.

Практические занятия проводятся в специализированных лабораториях и аудиториях. Занятия обеспечиваются необходимым наглядным материалом, стендами и приборами. Количество студентов в подгруппе составляет 10-12 человек. В ходе учебного занятия студенты проходят входное тестирование (собеседование), самостоятельно и при участии преподавателя выполняют практические занятия, отчитываются за проделанную на занятии учебную работу. Работа студентов на занятиях оценивается в рамках балльно-рейтинговой системы оценки образовательной деятельности студентов.

Для решения задач образовательного процесса разработан учебно-профессиональный (методический) комплекс, включающий в себя ряд элементов: федеральный государственный образовательный стандарт, рабочая учебная программа, методические разработки для студентов и преподавателей по каждому практическому занятию, экзаменационные материалы, тексты лекций, перечень информационного и материального обеспечения образовательного процесса.

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» используются различные образовательные технологии:

Информационно-развивающие технологии, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими. Используется лекционно-семинарский метод, самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного

пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

Деятельностные практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при проведении экспериментальных исследований, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность. Используется анализ, сравнение методов проведения исследований, выбор метода, в зависимости от объекта исследования в конкретной производственной ситуации и его практическая реализация.

Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения. Используются виды проблемного обучения: освещение основных проблем на лекциях, учебные дискуссии, коллективная деятельность в группах при выполнении лабораторных работ, решение задач повышенной сложности. При этом используются первые три уровня (из четырех) сложности и самостоятельности: проблемное изложение учебного материала преподавателем; создание преподавателем проблемных ситуаций, а обучаемые вместе с ним включаются в их разрешение; преподаватель создает проблемную ситуацию, а разрешают её обучаемые в ходе самостоятельной деятельности.

Личностно-ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при защите лабораторных работ, при выполнении домашних индивидуальных заданий, решении задач повышенной сложности, на еженедельных консультациях.

Для реализации самостоятельной работы созданы следующие условия и предпосылки:

1. Студенты обеспечены информационными ресурсами (учебниками, справочникам, учебными пособиями, банком индивидуальных заданий);
2. Студенты обеспечены информационными ресурсами (методические указания выдаются заранее в электронном виде).
3. Разработаны контролирующие материалы в тестовой форме, позволяющие оперативно оценить уровень подготовки студентов.
4. Организованы еженедельные консультации (также для отработки пропущенных занятий).

Практическое занятие №1

Расчет кратности воздухообмена в помещении

Цель работы: получить представление о назначении вентиляции; ознакомиться с методами расчета при различных внешних факторах.

Теоретическая часть

1 Расчет воздухообмена в производственном помещении при выделении вредных веществ

Содержание вредных веществ в рабочей зоне не должно превышать установленных предельно допустимых концентраций (ПДК).

По воздействию на организм вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

- 1) вещества чрезвычайно опасные;
- 2) вещества высокоопасные;
- 3) вещества умеренноопасные;
- 4) вещества малоопасные.

Для определения воздухообмена требуется знать количество вредных веществ, выделяющихся в помещении в единицу времени. Определение количества вредных веществ производится по формулам, графикам и таблицам, приводимым в справочной литературе.

Количество жидкости (не воды), испаряющейся со свободной поверхности, кг/ч, может быть определено приближенно по формуле:

$$G = M \cdot (0,00035 + 0,0008 \cdot v) \cdot P \cdot F, \quad (1.1)$$

где M – молекулярный вес испаряющейся жидкости,

v – скорость движения воздуха над источником испарения, м/с;

P – упругость паров жидкости насыщающих воздух при температуре жидкости, мм рт. ст.;

F – поверхность испарения, м²

Расчетные значения упругости паров P для некоторых жидкостей, испаряющихся при температуре помещения, приведены в таблице 1.1. Данные этой таблицы учитывают снижение температуры поверхности жидкости за счет отвода тепла при испарении летучих жидкостей.

Таблица 1.1 – Упругость насыщенного пара некоторых жидкостей при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Наименование жидкости	P , мм рт. ст.	Наименование жидкости	P , мм рт. ст.
Этиловый эфир	43	Амителивый спирт хлорбензол	4
Ацетон	28	Анилин, нитробензол	0.3
Этиловый спирт, бензол, дихлорэтан	15	Ртуть	0,0012

Таблица 1.2 – Расчетные скорости в проемах укрытий

Род операции	Вид укрытия	Выделяющиеся вредности	Минимальная расчетная скорость, м/с
Пайка свинцом и сплавами ПОС	Шкаф, витринное укрытие, козырек	Аэрозоль свинца и дым	0,7 – 0,8
Пайка без свинца	То же	Аэрозоль металла и дым	0,4 – 0,5
Лабораторные и полузаводские установки	Шкаф, кожух, разборное укрытие	Газы и пары при ПДК до 10 мг /м	0,5
То же	То же	До 1 мг /м	0,7 – 1
То же	То же	Ниже 1 мг /м	1,2 – 1,5

Продолжение таблицы 1.2

Работы с эпоксидными смолами: без нагрева то же с нагревом	Шкаф, кожух То же	Эпихлоргидрит, пары дифенинол пропана То же	1 1,5
Ручная работа с выделением паров и газов То же	Витринное укрытие, козырек То же	Пары и газы при ПДК до 10 мг /м То же до 1 мг /м	0,6 – 0,8 1 – 1,3
Травление в соляной и азотной кислоте	Шкаф, кожух, козырек	Хлористый водород, окислы азота	0,7 – 1,2
Травление в серной кислоте при $t = 15 - 60^{\circ}\text{C}$	Шкаф, кожух	Туман серной кислоты	0,6 – 0,9
Электролитическое обезжиривание	То же	Туман щелочей	0,8 – 1
Промывка в бензине	Шкаф, витринное укрытие	Пары бензина	0,5 – 0,6

Рекомендуется принимать следующие значения скорости v :

– для воздуха, движущегося естественно:

$$v = 0,3 - 0,4 \text{ м/с};$$

– для воздуха, движущегося принудительно, в среднем:

$$v = 0,6 \text{ м/с}.$$

Поскольку в электронной промышленности работа с вредными веществами осуществляется в укрытиях (вытяжной шкаф, витринное укрытие, кожух и т.д.), для конкретных операций соответствующие значения минимальной расчетной скорости даны в таблице 1.2.

Помещения, в которых выделяются вредные вещества, необходимо оборудовать местными отсосами различной конструкции. Общеобменную вентиляцию следует рассматривать как дополнительную к местной, и

рассчитывать на разбавление прорывающихся в помещение вредных веществ. Независимо от устройства местной вентиляции при выделении газов и паров, имеющих плотность меньше плотности воздуха, необходимо предусматривать устройства для проветривания верхней зоны.

Воздухообмен определяется по формуле:

$$L = \frac{m \cdot G}{K_{ндк} - K_{пр}}, \quad (1.2)$$

где G – количество вредных веществ, выделяющихся в помещении в течение 1 часа;

$K_{ндк}$ – предельно допустимая концентрация вредных веществ в помещении, мг/м³ [3];

$K_{пр}$ – концентрация вредности в приточном воздухе, мг/м³;

m – коэффициент неравномерности распределения вредного вещества по помещению.

Рекомендуется следующие значения коэффициента неравномерности:

1. При естественном удалении вредных веществ из рабочей зоны за счет тепловых струй, малого удельного веса и т.д.

а) для малотоксичных вредных веществ или для вредных, не вызывающих тяжелых последствий при кратковременном повышении концентрации независимо от неравномерности выделения

$$m = 1,2 - 1,3;$$

б) для токсичных вредных веществ при относительно равномерном выделении по времени

$$m = 1,3 - 1,4;$$

в) то же, но при неравномерном выделении

$$m = 1,4 - 1,6.$$

2. При отсутствии естественного удаления вредных веществ из рабочей зоны:

а) $m = 1,3 - 1,5$;

б) $m = 1,5 - 1,7$;

в) $m = 1,7 - 2$.

3. При зональной вентиляции с отсосом воздуха у места возможного выделения вредных веществ

а) $m = 1,1 - 1,2$;

б) $m = 1,2 - 1,3$;

в) $m = 1,3 - 1,4$.

При наличии местных отсосов воздухообмен определяется из следующей зависимости:

$$L = \frac{m \cdot (K - K_{м.о})}{K_{под} - K_{пр}} \cdot L_{м.о}, \quad (1.3)$$

где K – количество вредных веществ, выделяющихся в помещении, мг/м³;

$K_{м.о}$ – количество вредных веществ, уносимых местными отсосами, мг/м³;

$L_{м.о}$ можно определить из выражения

$$K_{м.о} = L_{м.о} \cdot (K_{под} - K_{пр}), \quad (1.4)$$

где $L_{м.о}$ – количество воздуха, удаляемого местными отсосами, м³/ч.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ одонаправленного действия расчет общеобменной вентиляции надлежит производить путем суммирования объемов воздуха, необходимых для разбавления каждого вещества в отдельности до его предельно допустимой концентрации с учетом загрязнения приточного воздуха. К веществам одонаправленного действия относятся растворители и раздражающие газы.

Для этого случая воздухообмен определяется по формуле:

$$L = \frac{G_1}{K_1} + \frac{G_2}{K_2} + \dots + \frac{G_n}{K_n}, \quad (1.5)$$

где $G_1, G_2, \dots, G_n$ – количество выделяющихся в помещение паров каждого вещества, мг/ч;

$K_1, K_2, \dots, K_n$ – предельно допустимые концентрации вредностей, мг/м³.

Пример 1

При выделении следующих количеств паров растворителей, мг/ч; ацетона – 250000, уайт – спирита – 300000, скипидара – 200000 – определить необходимый воздухообмен, исходя из того, что ПДК ацетона и ПДК скипидара составляют 200 мг/м³, а ПДК уайт – спирита – 300 мг/м³.

Решение

Находим воздухообмен по формуле (1.6)

$$L = \frac{25000}{200} + \frac{300000}{200} + \frac{200000}{200} = 3200 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.6)$$

При одновременном выделении в воздух нескольких вредных веществ, не обладающих однонаправленным характером действия, количество воздуха при расчете общеобменной вентиляции допускается принимать по тому вредному веществу, для которого требуется подача наибольшего количества приточного воздуха. Если нельзя точно определить количество выделяющихся вредных веществ, но известны их качественные показатели, возможен расчет количества приточного воздуха по нормативной кратности обмена. В этом случае воздухообмен, м³/ч, определяется по формуле

$$L = n \cdot V \quad (1.7)$$

где: n – нормативная кратность воздухообмена (значения n даны в соответствующих выпусках СНиП и справочниках), м³/ч;

V – объем помещения, м³.

Расчет воздухообмена в производственном помещении при наличии влаговыделений

При общеобменной вентиляции количество воздуха, необходимого для разбавления влаги, выделяющейся в помещении, определяется по формуле

$$G = \frac{W}{d_{yx} - d_{np}} \quad (1.8)$$

или

$$G = \frac{m \cdot W \cdot 1000}{d_{pz} - d_{np}} \quad (1.9)$$

где W – количество влаги, выделяющейся в помещении, кг/ч;

d_{np}, d_{yx} – влагосодержание соответственно приточного и уходящего из помещения воздуха, г/кг;

d_{pz} – предельно допустимое влагосодержание воздуха в рабочей зоне помещения, г/кг.

Коэффициент m по влаге выражает отношение приращения влагосодержания в рабочей зоне к приращению влагосодержания по всему помещению:

$$m = \frac{d_{pz} - d_{np}}{d_{xy} - d_{np}}; \quad (1.10)$$

Значение коэффициента m по влаге для схемы воздухообмена "снизу - вверх" рекомендуется принимать при следующей высоте помещения:

- более 5 м равным 0,6 – 0,8;
- от 3,5 до 5 м равным 0,8 – 0,9;
- менее 3,5 м равным 1.

При сосредоточенной подаче коэффициент m по влаге принимается в пределах 0,7 – 0,9.

Значение d_{xy} определяется из уравнения (1.11)

$$d_{xy} = d_{np} + \frac{d_{pz} - d_{np}}{m}; \quad (1.11)$$

Пример 2

Для теплого времени года определить воздухообмен, необходимый для усвоения 20 кг влаги, выделяющейся в цехе. Температура приточного воздуха 20 °С, влагосодержание – 9 г/кг, температура рабочей зоны – 23°С, влагосодержание – 12 г/кг. Коэффициент m по влаге равен 0,6.

Решение

Необходимый воздухообмен для усвоения выделяющейся в цехе влаги определяется по формуле (1.12)

$$C = \frac{0,6 \cdot 20 \cdot 100}{12 - 9} = 4000 \text{ кг/ч}; \quad (1.12)$$

Количество воды испаряющейся со смоченной поверхности, кг/ч, при известных начальной и конечной температурах можно определить по формуле:

$$m = \frac{G_c \cdot (t_z - t_y)}{585}, \quad (1.13)$$

где G_c – количество горячей воды, стекающей на поверхность, кг/ч;

t_z – температура вытекающей горячей воды, °С;

t_y – конечная температура воды, поступающей в канализацию, °С.

Количество воды, испаряющейся с 1 м зеркала ванны при спокойной поверхности и параметрах воздуха в помещении $t = 20$ °С и скорости воздуха над поверхностью испарения, равной $v = 0,3$ м/с, приведены в таблице 1.1.

При испарении с какой – либо поверхности холодной воды (с температурой мокрого термометра) рекомендуется пользоваться формулой

$$W = \frac{3,7 \cdot (t_c - t_m) \cdot F}{585} \text{ кг/ч}, \quad (1.15)$$

где t_c – температура по сухому термометру;

t_m – температура по мокрому термометру;

F – поверхность испарения, м².

При кипении воды с 1 м зеркала испарения выделяется до 50 кг/м, при интенсивном кипении – даже больше и вычисляется по количеству подводимого тепла.

Количество влаги, выделяемое людьми, обычно зависит от рода выполняемой ими работы и от температуры окружающей среды и приведено в таблице 1.3

Таблица 1.3 – Влаговыведения от одного человека, г/ч

	Температура воздуха, ° С			
	15	20	25	30
Легкая	55	70	125	140
Средняя	110	160	180	230
Тяжелая	185	200	300	380

Таблица 1.4 – Количество воды, испаряющейся с 1 м² поверхности ванны

t жидкости	t поверхности	G кг/ч	t жидкости	t поверхности	G кг/ч
25	23	0,24	65	54	4,6
30	28	0,26	70	58	5,7
35	33	0,83	73	63	8,0
40	37	1,24	80	69	11,3
45	41	1,74	85	75	15,5
50	45	2,25	90	82	20,8
55	48	2,28	95	90	33,4
60	51	3,55	100	97	43,5

Расчет воздухообмена при наличии тепловыделения от нагретых поверхностей оборудования.

Расчет воздухообмена при наличии тепловыделений производится по формуле

$$q = \frac{Q_{изб}}{0,24 \cdot x \cdot (t_{yx} - t_{np})}, \quad (1.16)$$

где $Q_{изб}$ – тепловыделения от оборудования, кВт

t_{yx} , t_{np} – температура уходящего и приточного воздуха соответственно.

Тепловыделения от нагретых поверхностей термического оборудования, кВт, определяются формулой

$$Q = \sum F_i \cdot a_t \cdot (t_{cm.n.t} - t_n) \cdot 10^{-3}, \quad (1.17)$$

где F_t – площади нагретых поверхностей, м²;

a_t – коэффициенты теплоотдачи от стенок наружных поверхностей к воздуху помещения Вт/м² · К; для цилиндрических поверхностей $a_t = 8,1 + 0,045 \cdot (t_{cm.n.t} - t_n)$; для плоских поверхностей $a_t = 8,4 + 0,06 \cdot (t_{cm.n.t} - t_n)$; $t_{cm.n.t}$ – температуры наружных стенок, К(°С); t_n – температура воздуха помещения, К(°С).

Выбор вентилятора и электродвигателя

Выбор вентилятора.

Исходными данными для выбора вентилятора являются суммарный расход воздуха в сети L , м³/с ; суммарные потери давления $\Delta p = 209,5$ Па (1 Па = н/м² = 0,102 (кгс)/м²); $t = 20$ °С.

Выбор вентилятора производится на расчетный расход воздуха с учетом подсосов и утечек:

$$L = 1,1 \cdot L = 1,1 \cdot 0,98 = 1,07 \text{ м}^3/\text{с} . \quad (1.20)$$

Так как технические характеристики вентиляторов приводятся для стандартных условий чистого воздуха при $t = 20$ °С, плотности $\rho = 1,2$ кг/м³ , влажности ($\phi = 50\%$, барометрическом давлении $p_0 = 0,103$ МПа, расчетное сопротивление сети (суммарные потери давления) необходимо привести к условиям характеристики:

$$\Delta p_p = \Delta p \cdot k_p = 209,5 \text{ Па} \quad (1.21)$$

$$\text{где: } k_p = \frac{273,1 \cdot t}{293,1} \cdot \frac{0,103}{p_\delta}$$

где: p_δ – фактическое барометрическое давление в месте установки вентилятора.

(В нашем случае $t = 20$ °С; $p_\delta = 0,103$ МПа и $k_p = 1$). Выбираем вентилятор по $L_p = 1,07$ м³/с и $\Delta p_p = 209,5$ Па. Тип вентилятора: А 5090 – 1;

$$\eta = 0,8.$$

Мощность на валу вентилятора

$$N = \frac{L_p \cdot \Delta p_p}{1000 \cdot \eta} = \frac{1,07 \cdot 209,5}{1000 \cdot 0,8} = 0,280 \text{ кВт}$$

где: η – КПД вентилятора по справочнику [7,13], $\eta = 0,8$.

Выбор электродвигателя

При выборе электродвигателя для привода вентилятора надо стремиться к тому, чтобы вентилятор и электродвигатель находились на одном валу или соединялись через муфту. Мощность двигателя:

$$N = \frac{L_p \cdot \Delta p_p}{1000 \cdot \eta \cdot \eta_n} = \frac{N}{\eta_n} = \frac{0,280}{0,98} = 0,286 \text{ кВт}$$

(при соединении муфтой), (2.31)

где η_n – КПД передачи для общего вала. $\eta_n = 1$, для муфты $\eta_n = 0,98$, для клиноремной передачи $\eta_n = 0,95$.

Установочная мощность двигателя:

$$N_y = K_z \cdot H_{\text{дв}} = 1,5 \cdot 0,286 = 0,43 \text{ кВт} \quad (1.22)$$

где K_z – коэффициент запаса мощности (см. таблицу 1.5).

Таблица 1.5 – Коэффициент запаса мощности

Мощность на валу электродвигателя, кВт	Коэффициент запаса мощности вентилятора	
	радиальных	осевых
0,5	1,5	1,2
0,5 – 1	1,3	1,15
1,01 – 2	1,2	1,1
2,01 – 5	1,15	1,05
5	1,1	1,05

По каталогам выбираем электродвигатель: для вентилятора А 5090-1 подходит электродвигатель серии 4А типа А 71 В6 мощностью 0,55 кВт, с частотой вращения 920 об/мин. Масса вентилятора с двигателем 111 кг.

Пример 3 Расчет кратности воздухообмена в помещении

Условие: В помещении объёмом $W_n = 810 \text{ м}^3$, имеется n_1 вентиляционных отверстия шириной A' , высотой B' , через которые нагнетается воздух и n_2 вентиляционных отверстия такого же размера для удаления отработанного воздуха. Скорость движения воздуха через отверстие для нагнетания свежего воздуха и удаления отработанного одинакова ($V_{b1} = V_{b2}$) и составляет 1 м/с.

Определить, какое количество свежего воздуха поступает в помещение в течение одного часа и сколько раз за это время успевает обменяться комнатный воздух с наружным.

Решение:

Найдём площадь вентиляционного отверстия:

$$S_b = A' \cdot B'$$

Количество нагнетаемого воздуха находим по формуле:

$$W_1 = n_1 \cdot S_b \cdot V_{b1} \cdot t$$

где $t = 1$ час = 3600 с.

Количество воздуха, удалённого из помещения:

$$W_2 = n_2 \cdot S_b \cdot V_{b2} \cdot t$$

Кратность обмена воздуха в помещении составит: при нагнетании

$$K_{об1} = W_1 / W_n > 3.5 \text{ раза}$$

При вытяжке:

$$K_{об2} = W_2 / W_n > 3 \text{ раза}$$

Варианты индивидуальных данных к расчету студент выбирает по согласованию с преподавателем.

Таблица 1.6 – Варианты заданий

№ вар	n_1	n_2	A' м	B' м	V_b м/с
1	2	1	0,3	0,2	1
2	2	1	0,33	0,22	1
3	2	1	0,36	0,24	1
4	2	1	0,39	0,26	1
5	2	1	0,42	0,28	1
6	2	1	0,45	0,3	1
7	2	1	0,48	0,32	1
8	2	1	0,51	0,34	1
9	2	1	0,54	0,36	1
10	3	2	0,57	0,38	1
11	3	2	0,6	0,4	1
12	3	2	0,63	0,42	1
13	3	2	0,66	0,44	1
14	3	2	0,69	0,46	1
15	3	2	0,72	0,48	1
16	3	2	0,74	0,5	1
17	3	2	0,72	0,52	1
18	3	2	0,79	0,5	1
19	4	3	0,66	0,48	1
20	4	3	0,69	0,46	1
21	4	3	0,6	0,44	1
22	4	3	0,57	0,42	1
23	4	3	0,54	0,40	1
24	4	3	0,51	0,38	1

Вопросы к практическому занятию

1. Изложите понятие о метеорологических условиях в производственных помещениях?
2. Как классифицируют вредные вещества по степени воздействия на организм человека?
3. Исходя из чего нормируют предельно допустимые концентрации вредных веществ (паров, газов, пыли), выделяющихся на производстве?
4. Какие технические мероприятия проводят по оздоровлению воздушной среды на производстве?
5. Как классифицируются вентиляционные устройства?
6. Опишите устройство общей механической вентиляции.
7. Объясните принцип действия естественной вентиляции.
8. Как осуществляется кондиционирование воздуха?
9. Объясните методы расчета потребного количества воздуха механической вентиляции.

Практическое занятие №2

Определение уровня шума и звукоизоляции

Цель работы: получить представление о шуме и звукоизоляции; ознакомиться с методами расчета и влияние их на организм человека.

Теоретическая часть

Шумом является всякий нежелательный для человека звук. Звук как физическое явление представляет собой волновое движение упругой среды; как физиологическое явление он определяется ощущением, воспринимаемым органом слуха от звуковых волн в диапазоне частот 16 – 20000 Гц.

Шум и звукоизоляции

Источником звуков являются колеблющиеся твердые, жидкие и газообразные тела. Колебательные возмущения, распространявшиеся от источника звука в окружающей среде, называются звуковыми волнами, а пространство, в котором они наблюдаются – звуковым полем. При действии источника звука происходит колебательное движение в среде. Разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением, которое наблюдается в среде при отсутствии звуковых волн, называется звуковым давлением. Количественная оценка звукового давления производится величиной среднеквадратичного значения и измеряется в *Па*.

Человек способен воспринимать звуковые давления в диапазоне от $2 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^2$ *Па*. Использование такой сильно изменяющейся величины на практике неудобно, поэтому в технической акустике принято пользоваться относительной логарифмической шкалой уровней, которая позволяет сократить диапазон значений измеряемых величин. Так введено понятие уровня звукового давления, измеряемого в децибелах (*дБ*), величина которого выражается зависимостью:

$$L = 20 \cdot \lg \frac{P}{P_0},$$

где P – звуковое давление, создаваемое источников звука (Па), P_0 – пороговое звуковое давление ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$). Оно является порогом слышимости на частоте звука 1000 Гц.

Вся шкала стала диапазоном в 140 дБ. При оценке различных шумов можно пользоваться целыми числами, т.к. изменения уровня менее чем на 1 дБ практически не заметны на слух.

При уровнях звукового давления около 140 дБ нормальное слуховое восприятие уступает место ощущению физической боли в ухе. Это, так называемый, «болевой порог», превышение которого может привести к разрыву барабанной перепонки (глухоте).

Анализ шума производится с помощью устройств, состоящих из набора электрических фильтров, каждый из которых вырезает в исследуемом шуме определенную полосу частот, которая характеризуется граничными частотами (f_1 – нижняя граничная частота, f_2 – верхняя граничная частота), шириной и средней частотой. Средняя частота обычно среднегеометрическая величина:

$$f_{с.г} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$$

При исследовании фильтров обычно пользуются фильтрами с постоянной относительной полосой пропускания ($f_2/f_1 = \text{const}$). Полоса пропускания, в которой $f_2/f_1 = 2$ называется октавой. Если же это отношение равно 1,26, то ширина полосы равна трети октавы.

Спектр шума это зависимость уровней звукового давления в октавных или третьоктавных полосах частот от среднегеометрических частот этих полос.

По характеру спектра производственные шумы подразделяются на широкополосные (непрерывный спектр шириной более одной октавы) и тональные (в спектре имеются слышимые дискретные тона). По временным характеристикам шумы подразделяются на постоянные и непостоянные. Непостоянные шумы в свою очередь подразделяются на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные.

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

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА.

Эквивалентным (по энергии) уровнем звука данного непостоянного шума является уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое среднеквадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени и который определяется по формуле:

$$L_{a_{\text{экв}}} = 10 \cdot \lg \cdot \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 \cdot dt,$$

где $P_A(t)$ – текущее значение среднеквадратического звукового давления с учетом коррекции "А" шумомера (Па), P_0 – пороговое значение звукового давления ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па), t – время действия шума (с.)

В данной работе для измерения уровня шума используется прибор ВШВ – 003 (шумомер), предназначенный для измерения шума и вибраций. Диапазон его измерений 20 – 130 дБ.

Задача 1 Определение уровня шума и звукоизоляции

Условие. Производственное оборудование издаёт звук частотой f (Гц). Уровень силы звука на расстоянии r от источника L_m (Дб). Безразмерный коэффициент $K_1 = 3 - 5$. С целью снижения уровня силы звука сделана ограждающая конструкция, масса 1 м^2 которой P_1 , коэффициент звукопоглощения материала $a = 0.2 - 0.8$. допустимая сила звука L_d . Если источников шума несколько (N), то при расчёте принимается уровень силы звука наиболее мощного источника.

Определить звукопоглощающую способность конструкции R_1 (уровень силы звука R) и сравнить её с необходимым уровнем звукоизоляции D .

Решение

Вычислим необходимый уровень звукоизоляции ограждающей конструкции (рисунок 2.1):

$$D = L_m' - (L_d - K_1)$$

Найдём звукоизоляцию стенок конструкции или кожуха:

$$K = 20 \cdot \lg.(P_1 \cdot f) - 60$$

Рассчитаем величину R_1 :

$$R_1 = K + 10 \cdot \lg. a$$

Определим эффективность работы конструкции согласно схеме вычислений (рисунок 2.1):

$$R_1 = D$$

Определим уровень силы звука:

$$R = L_m - 20 \cdot \lg. r - 8$$

$$R = L_m + 10 \cdot \lg. N$$

Варианты индивидуальных данных к расчету студент выбирает по согласованию с преподавателем.

Вопросы к практическому занятию

1. Что является источниками шума, вибрации, ультразвука, инфразвука и электромагнитных полей в производственных условиях?
2. Каково воздействие шума, вибрации, ультразвука, инфразвука и электромагнитных полей на организм человека?
3. Как нормируются шум, вибрация, ультразвук, инфразвук и электромагнитные поля?
4. Какие приборы применяют для измерения шума, вибрации и электромагнитных полей?
5. Какие меры борьбы с шумом, вибрацией, ультразвуком, инфразвуком, электромагнитными полями в производстве и в быту?
6. Какие средства индивидуальной защиты применимы от шума, вибрации, ультразвука, электромагнитных полей

Таблица 2.1 – Варианты заданий

N вар	f , Гц	r , м	K_1	P_1 , кГ	a	L_d , Дб	N	A_1	A_2	L_m , Дб
1	90	0.7	3.0	0.5	0.2	38	3	0.1	0.12	38
2	100	0.8	3.1	0.6	0.25	42	2	0.1	0.15	42
3	110	0.9	3.2	0.7	0.3	45	3	0.1	0.18	45
4	120	1.0	3.3	0.8	0.35	49	2	0.1	0.21	49
5	130	1.1	3.4	0.9	0.4	50	3	0.1	0.24	50
6	140	1.2	3.5	1.0	0.45	54	2	0.1	0.27	54
7	150	1.3	3.6	1.1	0.5	55	3	0.1	0.30	55
8	160	1.4	3.7	1.2	0.55	58	2	0.1	0.33	58
9	170	1.5	3.8	1.3	0.6	61	3	0.1	0.36	61
10	180	1.6	3.9	1.4	0.65	63	2	0.1	0.39	63
11	190	1.7	4.0	1.5	0.7	68	3	0.1	0.42	68
12	200	1.8	4.1	1.6	0.75	70	2	0.1	0.45	70
13	210	1.9	4.2	1.7	0.8	71	3	0.1	0.48	71
14	220	2.0	4.3	1.8	0.77	73	2	0.1	0.51	73
15	230	2.1	4.4	1.9	0.72	74	3	0.1	0.54	74
16	240	2.2	4.5	2.0	0.67	75	2	0.1	0.57	75
17	250	2.3	4.6	2.1	0.62	79	3	0.1	0.60	79
18	260	2.4	4.7	2.2	0.57	82	2	0.1	0.63	82
19	270	2.5	4.8	2.3	0.52	83	3	0.1	0.66	83
20	280	2.6	4.9	2.4	0.47	87	2	0.1	0.69	87
21	290	2.7	5.0	2.5	0.42	85	3	0.1	0.72	85
22	300	2.8	5.1	2.6	0.37	88	2	0.1	0.75	88
23	310	2.9	5.2	2.7	0.32	91	3	0.1	0.78	91
24	320	3.0	5.3	2.8	0.27	94	2	0.1	0.81	94
25	330	3.1	5.4	2.9	0.22	96	3	0.1	0.84	96
26	340	3.2	5.5	3.0	0.24	92	2	0.1	0.87	92

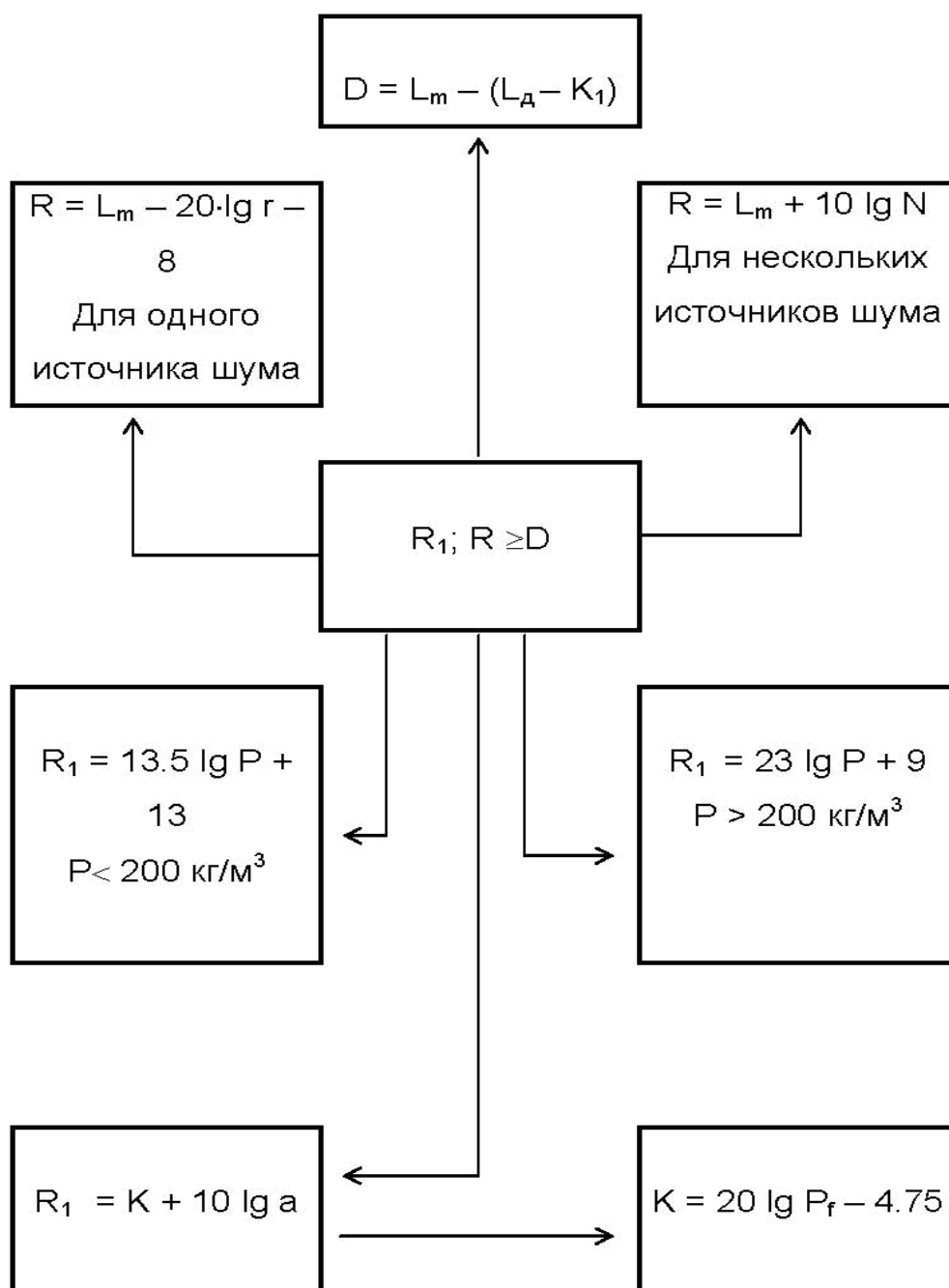


Рисунок 2.1 – Схема вычислений уровня шума и звукоизоляции

Практическое занятие №3

Расчет рассеивания холодных выбросов из одиночного источника

Цель работы: получить представление о концентрации выбросов, влиянии внешних факторов на их характер; ознакомиться с методами расчета холодных выбросов при влиянии внешних факторов.

Теоретическая часть

Окружающий человека атмосферный воздух непрерывно подвергается загрязнению. Воздух производственных помещений загрязняется выбросами технологического оборудования или при проведении технологических процессов без локализации отходящих веществ.

Наиболее крупными источниками пыле- и газовыделений в атмосферу в литейных цехах являются: вагранки, электродуговые и индукционные печи, установки складирования и переработки шихты и формовочных материалов; участки выбивки и очистки литья.

Вентиляционный воздух, выбрасываемый из термических цехов обычно загрязнен парами и продуктами горения масла. Аммиаком, циановодородом и другими веществами, поступающими в систему местной вытяжной вентиляции от ванн и агрегатов для термической обработки.

Много загрязняющих веществ поступает в атмосферный воздух от энергетических установок, работающих на углеводородном топливе (бензине, керосине, дизельном топливе, мазуте, угле и др.) Основные компоненты, выбрасываемые в атмосферу при сжигании различных видов топлива в энергоустановках, - нетоксичные диоксид углерода и водяной пар. Однако кроме них в атмосферу выбрасываются и вредные вещества, такие как оксид углерода, оксиды серы, азота соединения свинца, сажа, углеводороды, в том числе канцерогенные несгоревшие частицы твердого топлива и т.п.

Задача 1

Расчет рассеивания холодных выбросов из одиночного источника

Из одиночного источника с круглым (L – длина источника выброса, м) устьем (эффективный диаметр устья источника выброса $D_э$) со средней скоростью выхода из устья W_0 выбрасывается в атмосферу цементная пыль в количестве M . Высота источника выброса над уровнем земли H . Скорость ветра U . Расстояние от источника выброса до расчетной точки $Ч$ составляет 300 метров, до расчётной точки $У$ – 100 метров. Значение коэффициента A' (см. таблицу). $F = 1$.

Рассчитать максимальную приземную концентрацию пыли (вредное вещество) C_m (мг/м³) при неблагоприятных метеоусловиях на расстоянии X_m , максимальную концентрацию цементной пыли C_{mi} (мг/м³) при неблагоприятных метеоусловиях и скорости ветра U , приземную концентрацию пыли C (мг/м³) по оси факела, концентрацию цементной пыли в атмосфере C_y (мг/м³) на расстоянии $У$ по перпендикуляру к оси факела выброса. Определить параметры X_m (расстояние, на котором достигается максимальная концентрация выбрасываемого вещества, м); X_{mi} (расстояние от источника выброса, на котором при скорости ветра U и неблагоприятных метеоусловиях достигается максимальная концентрация выбрасываемого вещества, м).

Решение

Так как источник выброса круглый, то диаметр устья $D = D_э$. Тогда параметр:

$$V_m = (1.3 \cdot W_0 \cdot D_э) / H$$

Согласно схеме вычислений (рисунок 1.1) находим безразмерный коэффициент n .

Найдём объём газовой воздушной смеси V_1 :

$$V_1 = \pi \cdot D \cdot D \cdot W_0 / 4$$

Вычислим коэффициент K :

$$K = D / 8 / V_1$$

Тогда:

$$C_m = A' \cdot F \cdot n \cdot K / (H^{4/3})$$

где F – безразмерный коэффициент, имеет следующее значение:

а) для газообразных вредных веществ (сернистый газ, сероуглерод и т.п.) и мелкодисперсных аэрозолей (пыль, зола и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) – 1.

б) для пыли и золы, средний эксплуатационный коэффициент очистки которых равен 90% и более – 2, менее 90% – 2.5, менее 5% – 3.0. согласно схеме вычислений (см. рисунок 3.1), например, при $V_m < 0.5$ опасная скорость ветра $U_m = 0.5$ м/с. тогда $(U / U_m) > 1$. Следовательно, безразмерный коэффициент:

$$r = (3 \cdot U / U_m) / (2 \cdot (U / U_m)^2 - U / U_m + 2)$$

максимальная концентрация цементной пыли в воздухе при неблагоприятных метеоусловиях и скорости ветра, отличающейся от опасной:

$$C_{mu} = r \cdot C_m$$

С учётом V_m найдём безразмерную d :

$$d = 11.4 \cdot V_m$$

определим расстояние X_m :

$$X_m = d \cdot H$$

Согласно схеме вычислений (см. рисунок), безразмерный коэффициент P равен:

$$P = 0.32 \cdot (U / U_m) + 0.68$$

Тогда:

$$X_{mu} = P \cdot X_m, X / X_m$$

Вычислим безразмерный коэффициент S_1 :

$$S_1 = X / X_m / (3.58(X / X_m)^2 - 35.2 \cdot X / X_m + 120)$$

Определим приземную концентрацию цементной пыли:

$$C = S_1 \cdot C_m$$

С учётом безразмерного коэффициента S_2 , равного:

$$S_2 = 1 / (1 + 8.4 \cdot U \cdot (Y / X)^2) / (1 + 2.82 \cdot U \cdot U \cdot (Y / X)^4)$$

Найдём C_y :

$$C_y = S_2 \cdot C$$

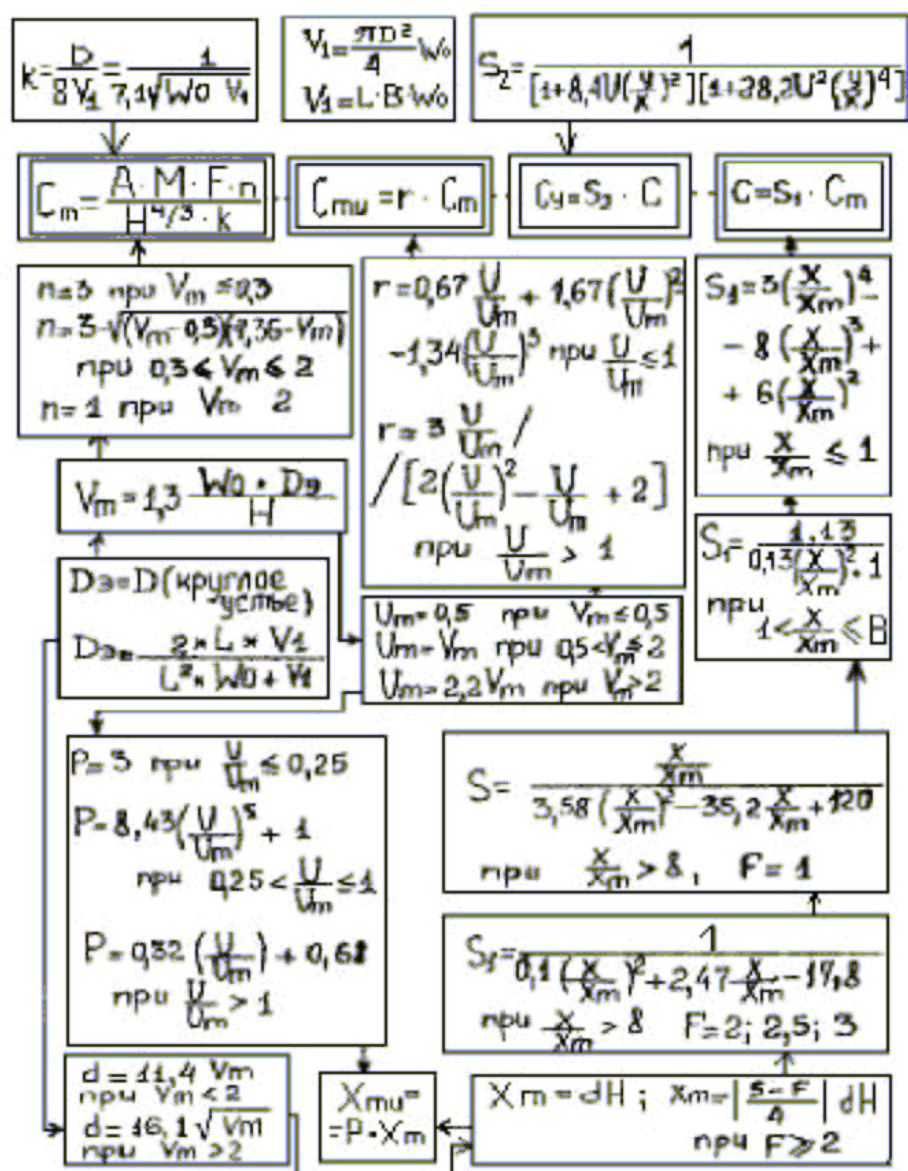


Рисунок 3.1 – Схема расчета рассеивания холодных выбросов из одиночного источника

Варианты индивидуальных данных к расчету студент выбирает по согласованию с преподавателем.

Таблица 3.1 – Варианты заданий

№ вар	$D=D_0$	мг·м1/3/ г	W_0 , м/с	H , м	M , г/с
1	0.8	240	0.7	6	160
2	0.9	200	0.8	7	170
3	1.0	160	0.9	8	180
4	1.1	120	1.0	9	190
5	1.2	240	1.1	10	200

Продолжение таблицы 3.1

6	0.8	200	1.2	11	210
7	0.9	160	1.3	12	220
8	1.0	120	0.7	13	230
9	1.1	240	0.8	14	240
10	1.2	200	0.9	15	250
11	0.8	160	1.0	16	160
12	0.9	120	1.1	6	170
13	1.0	240	1.2	7	180
14	1.1	200	1.3	8	190
15	1.2	160	0.7	9	200
16	0.8	120	0.8	10	210
17	0.9	240	0.9	11	220
18	1.0	200	1.0	12	230
19	1.1	160	1.1	13	240
20	1.2	120	1.2	14	250
21	0.8	240	1.3	15	160
22	0.9	200	0.7	16	170
23	1.0	160	0.8	6	180
24	1.1	120	0.9	7	190
25	1.2	240	1.0	8	200
26	0.8	200	1.1	9	210

Вопросы к практическому занятию

1. Как скорость ветра влияет на концентрацию выбрасываемого вещества.
2. Определение объёма газовой смеси.
3. Определение приземной концентрации цементной пыли.
4. Определение максимальной концентрации цементной пыли в воздухе при неблагоприятных метеорологических условиях и скорости ветра.

Практическое занятие № 4
Расчет установок искусственного освещения
по методу удельной мощности

Цель работы: Изучить основные принципы нормирования, порядка расчета и определения качества искусственного освещения в производственных помещениях.

Теоретическая часть

Основная задача освещения – создание наилучших условий для зрительного восприятия информации.

Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы, его активность, общий тонус и настроение, его работоспособность и безопасность труда в значительной мере зависят от условий освещения. От освещения зависят также производительность труда и качество выпускаемой продукции. В связи с этим искусственное освещение является одним из важных элементов создания для человека оптимальных условий труда.

При создании установок внутреннего освещения возможно применение двух систем:

- 1) общего освещения (искусственное освещение помещения в целом и рабочих мест осуществляется только с помощью светильников, расположенных в верхней зоне помещения);
- 2) комбинированного освещения (когда не менее 10% нормируемой освещенности создается светильниками общего освещения, а остальная освещенность – светильниками местного освещения, располагаемых рядом или в непосредственной близости от рабочих мест и посылающих световой поток на рабочую поверхность, не освещая при этом прилегающие поверхности).

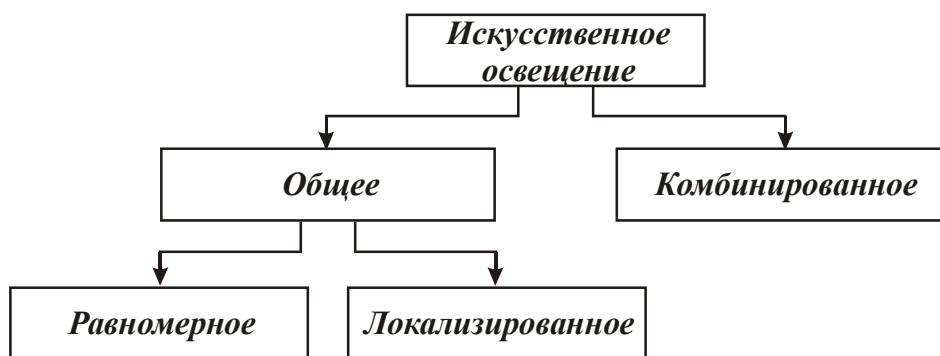


Рисунок 4.1 – Структура систем искусственного освещения в производственных помещениях.

Общее равномерное освещение – когда при равномерном распределении светового потока не учитывается расположение оборудования.

Общее локализованное освещение – когда при распределении светового потока учитывается расположение оборудования.

Применение одного местного освещения внутри производственных помещений не допускается.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на следующие виды; рабочее, аварийное, охранное и дежурное.

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

Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное. Освещение безопасности – освещение для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения.

Эвакуационное освещение – освещение для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения.

Дежурное освещение - освещение в нерабочее время.

При проектировании систем освещения производственных помещений необходимо учитывать физиолого-гигиенические, светотехнические и технико-экономические факторы.

Физиолого – гигиенические факторы

Эффективность производственной деятельности человека зависит от состояния его зрительного анализатора, характеризуемого уровнями основных зрительных функций:

- контрастной чувствительностью, определяемой пороговым контрастом;
- остротой различения, определяемой пороговым угловым размером объекта;
- скоростью обнаружения и различения, определяемой необходимым для этого временем;
- цветовой чувствительностью, определяемой цветовым порогом и т. д.

Все перечисленные функции улучшаются с ростом освещенности, так как соответствующие пороги, имеющие большие значения при малой освещенности, резко уменьшаются с ее увеличением.

Зрительная работоспособность, являющаяся комплексной функцией и определяющая эффективность зрительной работы в целом, сильно зависит от яркости поля зрения (освещенности). При этом, чем меньше размер объекта различения (выше точность зрительной работы), тем ниже зрительная работоспособность. Обеспечение достаточного уровня зрительной работоспособности для работ наивысшей точности, особенно при малом контрасте и темном фоне (проверка и исправление печатных плат при производстве микропроцессоров), возможно лишь при значительном повышении яркости (примерно на два порядка).

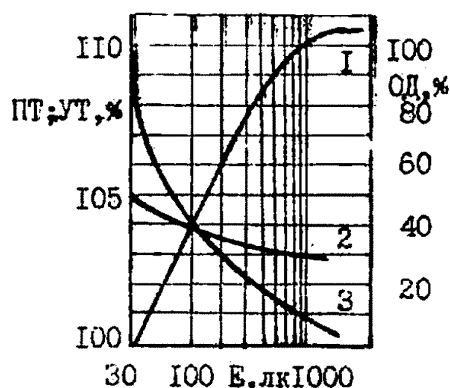


Рисунок 4.2 – Влияние освещенности на интегральные показатели работы.

Общая оценка эффективности освещения производственных помещений по интегральным показателям работы и качеству выпускаемой продукции

представлена на рисунке 4.2. С увеличением освещенности E рабочего помещения от 30 до 1000 лк рост производительности труда ($ПТ$) составляет 10% (кривая 1), утомляемость ($УТ$) снижается приблизительно на 2% (кривая 2), в то время как количество допускаемых ошибок ($ОД$) при выполнении работы уменьшается более чем в 10 раз (кривая 3).

Однако следует помнить, что излишняя яркость может вызывать временное ослепление, резь в глазах и головную боль, т.е. может являться причиной потери трудоспособности.

Основные светотехнические характеристики искусственного освещения

Производственное искусственное освещение характеризуется определенными количественными и качественными показателями.

К количественным показателям освещения относятся:

- **световой поток** Φ , измеряемый в люменах (лм);
- интенсивность или **сила света**, измеряемая в канделах (кд);
- **освещенность** E , измеряемая в люксах (лк);
- **яркость** B , измеряемая в канделах, деленных на квадратный метр (кд/м²).

Количественную оценку совершенства производственного освещения проводят по освещенности рабочей поверхности.

Освещенностью E называется отношение светового потока $\partial\Phi$, падающего на элемент поверхности, к площади этого элемента ∂S .

$$E = \frac{\partial\Phi}{\partial S}$$

Все источники света, в том числе и осветительные приборы, излучают световой поток в пространство неравномерно. Поэтому вводится величина плотности светового потока – сила света I .

Сила света I – отношение светового потока $\partial\Phi$, исходящего от источника и распространяющегося равномерно внутри телесного угла $\partial\Omega$, к величине этого угла.

$$I = \frac{\partial \Phi}{\partial \Omega}$$

Яркостью B называется поверхностная плотность силы света в заданном направлении, равная отношению силы света к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению:

$$B = \frac{\partial I}{\partial S \cdot \cos \varphi}$$

где ∂I – сила света элемента светящейся поверхности ∂S в направлении, составляющем угол φ с нормалью к этому элементу.

Яркость B является единственной светотехнической величиной, воспринимаемой органами зрения. Яркость рабочей поверхности нормируется. Ее величина зависит от площади S рабочей поверхности. Так при $S < 0,0001 \text{ м}^2$ $B < 2000 \text{ кд / м}^2$, а при $S > 0,1 \text{ м}^2$ $B < 500 \text{ кд / м}^2$.

Основными качественными показателями освещения являются:

– **контраст объекта с фоном**

$$K = |(B_0 - B_\phi) / B_\phi|$$

где B_ϕ , – яркость фона (т. е. поверхности, прилегаемой к объекту); B_0 – яркость объекта;

– **видимость V** – способность глаза воспринимать объект различения в зависимости от яркости объекта, его освещенности, размера объекта, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном:

$$V = \frac{K}{K_{\text{пор}}}$$

где $K_{\text{пор}} \sim$ пороговый контраст, при уменьшении которого объект становится неразличимым;

– **показатель дискомфорта M** – критерий дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркости в поле зрения (определяется по специальным таблицам в зависимости от типа светильника, соотношения размеров помещения и коэффициентов отражения его потолка и стен);

– **показатель ослепленности** P – критерий оценки слепящего действия осветительной установки:

$$P = \left(\frac{V_1}{V_2} - 1 \right) \cdot 10^3$$

где V_1 и V_2 – видимость объекта различения соответственно при экранировании и при наличии блестящих источников в поле зрения;

– **коэффициент пульсации** K_{Π} – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании переменным током:

$$K_{\Pi} = 100 \cdot \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}}$$

где $E_{\max}$ и $E_{\min}$ – наибольшее и наименьшее значение освещенности за период колебаний.

Источники искусственного освещения и осветительные приборы

Отечественная светотехническая промышленность выпускает свыше 800 типоразмеров источников света. Для освещения производственных помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы. Использование ламп накаливания для общего освещения допускается лишь в случае невозможности или нецелесообразности использования разрядных ламп. Для местного освещения кроме разрядных источников света следует использовать лампы накаливания, в том числе галогенные. Применение ксеноновых ламп внутри помещения не допускается.

Виды источников света: лампы накаливания нормальные; лампы накаливания с йодным циклом, галогенные (КИ); люминесцентные лампы; лампы ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные высокого давления); галогенные лампы ДРИ (дуговые ртутные с йодами); натриевые лампы ДНаТ (дуговые натриевые трубчатые); ксеноновые лампы ДКсТ (дуговые ксеноновые трубчатые).

Лампы накаливания не смотря на низкую светотдачу и малый срок службы, но благодаря простоте обслуживания и малым затратам на изготовление составляют в суммарном световом потоке от всех видов применяемых ламп 30...40%.

Люминесцентные лампы представляют собой газоразрядные источники света низкого давления, в которых излучение ртутного разряда преобразуется люминофором в видимое излучение.

Ртутные газоразрядные лампы являются самыми распространенными и многочисленными источниками света среди газоразрядных ламп высокого давления. Применяют ртутные лампы для наружного освещения и освещения высоких цехов, не требующих высокого качества цветопередачи.

Натриевые и ксеноновые лампы применяются в основном для освещения больших открытых пространств, архитектурных сооружений и теплиц. Допускается применять натриевые лампы для освещения некоторых типов помещений с кратковременным пребыванием людей (вокзалы, аэропорты и т.п.).

Светильник — это световой прибор, представляющий собой совокупность источника света и осветительной арматуры.

Основные функции осветительной арматуры:

- перераспределение светового потока лампы внутри светильника, что повышает эффективность осветительной установки;
- предохранение глаз работающих от воздействия больших яркостей источника света.

Осветительная арматура служит также для подвода электрического питания, крепления и предохранения источника света от загрязнения и механического повреждения.

Ограничение слепящего действия источника света (лампы) определяется защитным углом α светильника (рисунок 1.3) – углом между горизонталью и линией, соединяющей нить накала (для ламп накаливания) или поверхность лампы (для люминесцентных ламп) с противоположным краем отражателя.

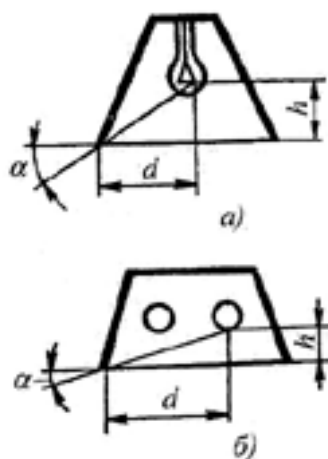


Рисунок 4.3 – Защитный угол светильника

a – с лампой накаливания; *б* – с люминесцентными лампами.

Экономичность светильника определяется его коэффициентом полезного действия (коэффициентом светотдачи):

$$\eta_{CB} = \Phi_{CB} / \Phi_L$$

где Φ_{CB} – световой поток светильника, лм, Φ_L – световой поток открытой лампы, лм.

По характеру светораспределения различают светильники прямого, преимущественно прямого, отраженного, преимущественно отраженного и рассеянного света. Выбор тех или иных светильников зависит от характера выполняемых в помещении работ, возможности запыленности воздушной среды, коэффициентов отражения окружающих поверхностей, эстетических требований.

В зависимости от конструктивного исполнения различают светильники открытые, защищенные, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащитные, взрывозащищенные, взрывобезопасные.

По назначению светильники делятся на светильники общего и местного освещения.

Нормирование искусственного освещения

В действующих нормах проектирования производственных помещений СН и П 23 – 05 – 95 регламентируются как количественная (величина минимальной освещенности), так и качественные характеристики искусственного освещения (показатели ослепленности P и дискомфорта M , коэффициент пульсации $K_{\text{п}}$ освещенности).

Принято раздельное нормирование освещенности в зависимости от применяемых источников света и системы освещения.

Величина минимальной освещенности устанавливается в зависимости от 3-х основных факторов:

- 1) характеристики зрительной работы (наименьший размер объекта различения);
- 2) контраста объекта с фоном;
- 3) характеристики фона.

Для ограничения слепящего действия светильников общего освещения показатель ослепленности P не должен превышать 20...40 единиц в зависимости от продолжительности и разряда зрительной работы.

При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током промышленной частоты 50 *Гц*, следует ограничить глубину пульсаций освещенности. Допустимые коэффициенты пульсаций $K_{\text{п}}$ не должны превышать 10...20% в зависимости от системы освещения и характера выполняемой работы.

Наличие объектов повышенной яркости в поле зрения может вызвать неприятные ощущения зрительного дискомфорта. Дискомфорт является начальной стадией ослепленности и оценивается показателем дискомфорта.

Для газоразрядных ламп значения норм освещенности выше, чем для ламп накаливания, из-за большей светоотдачи этих ламп. Система комбинированного освещения как более эффективная имеет нормы освещенности выше, чем для общего освещения. Для исключения частой переадаптации зрения, из-за неравномерной освещенности в помещении при системе комбинированного

освещения необходимо, чтобы светильники общего освещения создавали не менее 10% нормированной освещенности.

Расчет искусственного освещения

Задачей расчета является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности.

Для этого необходимо:

1. Выбрать тип источника света.

Как правило, применяют газоразрядные лампы, а там где температура воздуха может быть меньше 5°C и для местного освещения следует предпочитать лампы накаливания.

2. Определить систему освещения.

Наиболее эффективна система комбинированного освещения, но в гигиеническом отношении система общего освещения более совершенна за счет равномерного распределения света. Можно добиться высоких уровней освещенности рабочих мест без значительных затрат, используя локализованное общее освещение. Местные светильники повышают освещенность, улучшают световой комфорт и т.п.

3. Выбрать тип светильника с учетом характеристик светораспределения по экономическим показателям, условиям среды, а также с учетом требований взрыво-, пожаробезопасности.

4. Распределить светильники и определить их количество, располагая их рядами в шахматном порядке, ромбовидно. Обеспечение равномерного распределения освещенности достигается, если отношение расстояния между центрами светильников к высоте их подвеса над рабочей поверхностью составит 1,4 – 2.

5. Определить норму освещенности на рабочем месте.

Для этого следует установить:

а) характер выполняемой работы по наименьшему размеру объекта

различения;

б) контраст объекта с фоном;

в) фон на рабочем месте.

В соответствии с выбранной системой освещения и источником света найти минимальную нормируемую освещенность.

Методы расчета искусственного освещения

Задачей расчета является определение потребной мощности электрической осветительной установки для создания в помещении заданной освещенности.

При этом предполагают заданными:

- форма и геометрические размеры помещения;
- отражательные способности внутренних поверхностей;
- разряд зрительных работ, проводимых в помещении;
- расположение и габариты оборудования.

Проектируя осветительную установку, решают ряд вопросов.

1 Выбирают тип источника света. Для освещения производственных помещений, как правило, применяют газоразрядные лампы, а для местного освещения следует отдавать предпочтение лампам накаливания.

2 Определяют систему освещения. Выбирая систему освещения, необходимо учитывать, что эффективнее система комбинированного освещения, но в гигиеническом отношении система общего освещения более совершенна, так как создает равномерное распределение светового потока.

3 Выбирают тип светильников с учетом характеристик светораспределения, ограничения прямой блескости, по экономическим показателям, условиям среды, а также с учетом требований взрыво и пожаробезопасности.

4 Распределение светильников и определение их количества. Светильники могут располагаться рядами, в шахматном порядке, ромбовидно. Равномерное распределение освещенности достигается, если $L / H_p = 1,4...2$, где L – расстояние между центрами светильников, м; H_p – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

5 Определение нормы освещенности на рабочем месте. Для этого устанавливают характер выполняемой работы по наименьшему размеру объекта различения, контраст объекта с фоном и фон на рабочем месте.

Для расчета искусственного освещения используют в основном три метода: метод светового потока лампы, точечный метод и метод удельной мощности.

Метод удельной мощности является наиболее простым, но и наименее точным, поэтому его применяют только при ориентировочных расчетах. Метод позволяет определить мощность каждой лампы $W_{\text{л}}$ в осветительной установке, необходимую для создания нормируемой освещенности:

$$W_{\text{л}} = w \cdot S / n,$$

где w – удельная мощность (отношение мощности осветительной установки к площади помещения), $\text{Вт} / \text{м}^2$ – выбирается по таблицам в зависимости от уровня освещенности, площади помещения, типа светильника и высоты его подвеса, типа и мощности ламп;

S – площадь помещения, м^2 ;

n – число ламп в осветительной установке.

Задача №1

Условие: Рассчитать общее освещение в ремонтной мастерской. Размеры цеха $16 \times 6.4 \times 4$ м. Коэффициенты отражения: стен $\rho_c = 0,3$, потолка $\rho_n = 0,5$, рабочей поверхности $\rho_p = 0,1$. Рассчитать общее освещение методом удельной мощности.

Решение:

По таблице [7] при $E_{\text{мин}} = 50$ лк, $h = 2 \dots 3$ м и $s = 50 \dots 150$ м^2 находим удельную мощность $w = 10,6$ $\text{Вт} / \text{м}^2$.

Определяем расчетную мощность одной лампы

$$P_{\text{л}} = w \cdot s / N = 10,6 \cdot 102,6 / 8 = 136 \text{ Вт. Принимаем лампы Б 220 – 235 – 150.}$$

Задача №2

Условие: Рассчитать общее равномерное освещение читального зала площадью S м^2 при нормированной освещенности E . По конструктивным

особенностям зала намечено установить N светильников на высоте H_p (м) над расчётной поверхностью. Напряжение сети 220 / 127 В. Коэффициенты отражения $P_n / P_c / P_{стола}$.

Решение:

1. Установленная мощность ламп читального зала составит

$$P_y = P_{y0} \cdot S$$

где: P_y – установленная мощность

P_{y0} – удельная мощность

S – площадь освещаемого помещения

2. Мощность одной лампы находится так

$$P_l = P_y / n$$

P_l – мощность одной лампы, Вт

n – число ламп, установленных в помещении.

По этому значению выбирается стандартная ближайшая лампа (таблица 3,6 / 7/). При необходимости количество светильников можно изменить. Варианты индивидуальных данных к расчету студент выбирает по согласованию с преподавателем.

Задача №3

Условие: Для получения нормированной горизонтальной освещенности $E_{\text{норм}}$ (лк) городской площади на здании на высоте h (м) устанавливается группа прожекторов на напряжение 220 В. Определить наивыгоднейший угол наклона прожекторов.

Варианты индивидуальных данных к расчету студент выбирает по согласованию с преподавателем.

Таблица 4.1 – Исходные данные:

Вариант	E лк	$P_{уд}$	S м ²	N	H_p	$\rho_n/\rho_c/\rho_c$
1	300	22	300	20	2,5	

2	200	16	300	20	3	70/50/10
3	250	20	300	20	3,5	
4	350	25	300	20	3,7	
5	300	22	300	20	4,2	
6	200	16	300	20	2,5	
7	250	20	300	20	3	
8	350	25	150	10	3,5	70/50/10
9	300	22	150	10	3,7	
10	200	16	150	10	4,2	
11	250	20	150	10	2,5	
12	350	25	150	10	3	
13	300	22	150	10	3,5	
14	200	16	150	10	3,7	
15	250	20	450	35	4,2	
16	350	25	450	35	2,5	
17	300	22	450	35	3	
18	200	16	450	35	3,5	
19	250	20	450	35	3,7	
20	350	25	450	35	4,2	
21	350	16	300	35	2,5	
22	250	25	450	20	3,7	
23	200	20	150	10	3	
24	300	22	300	35	2,5	
25	250	16	450	20	4,2	

Таблица 4.2 – Исходные данные:

Вариант	$E_{норм}$	h	k_z	Тип прожектора	Мощность лампы
---------	------------	-----	-------	----------------	----------------

1	0,2	13	0,8	ПЗС-35	500
2	0,6	13,5	1	ПЗС-35	500
3	0,4	7	0,9	ПЗС-45	1000
4	0,8	10	1,1	ПЗС-45	1000
5	1	15	1,2	ПЗС-35	500
6	3	17	1,4	ПЗС-35	500
7	2	15	1,3	ПЗС-45	1000
8	4	21	1,5	ПЗС-45	1000
9	6	25	1,4	ПЗС-45	1000
10	5	19	1,5	ПЗС-35	500
11	0,2	21	1,3	ПЗС-35	500
12	0,4	13	1,2	ПЗС-45	1000
13	0,6	23	1,1	ПЗС-35	500
14	1	25	0,9	ПЗС-35	500
15	0,8	19	1	ПЗС-45	1000
16	2	23	0,8	ПЗС-45	1000
17	3	27	0,85	ПЗС-35	500
18	4	27	1,35	ПЗС-45	1000
19	5	13	0,8	ПЗС-35	500
20	6	7	0,9	ПЗС-45	1000
21	6	17	1	ПЗС-35	500
22	5	21	1,1	ПЗС-45	1000
23	4	28	0,8	ПЗС-35	500
24	0,4	15	1,4	ПЗС-35	500
25	3	25	1,5	ПЗС-45	1000

Примечание: Горизонтальная освещенность для нечетных вариантов , для четных вариантов вертикальная освещенность .

Решение:

$$E_{расч} = K_{зап} \cdot E_{норм} / 2$$

Наивыгоднейший угол может быть определен по кривым на рисунке 4.7, построенным в функции от произведения расчетной освещенности на квадрат высоты установки прожектора $E_{расч} H^2$.

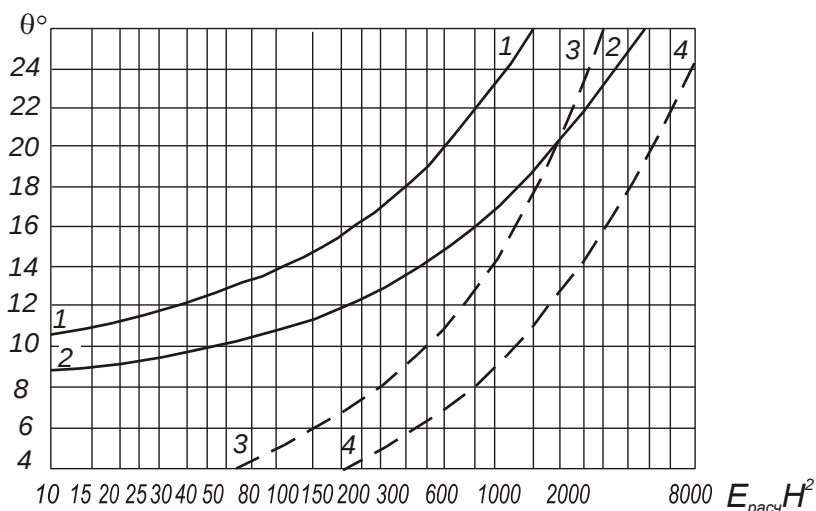


Рисунок 4.7 – График для определения наивыгоднейшего угла наклона прожектора $\theta_{наив}$.

1 – ПЗС – 35 – горизонтальная освещенность ; 2 – ПЗС – 45 – горизонтальная освещенность ; 3 – ПЗС – 35 – вертикальная освещенность ; 4 – ПЗС – 45 – вертикальная освещенность .

Вопросы к практическому занятию

1. Методы расчета искусственного освещения
2. Расчет освещенности по методу удельной мощности
3. Нормы освещенности на рабочем месте
4. Выбор типа источника света
5. Выбор типа светильника
6. Характеристики ламп накаливания

Практическое занятие № 5

Расчет установок искусственного освещения по

методу светящейся линии

Цель работы и теоретическую часть занятия смотри практическое занятие № 4.

Излучатели, длина которых превышает половину расчетной высоты h , рассматриваются как светящиеся линии. Характеристиками светящихся линий являются продольная и поперечная кривые силы света элементов, образующих линию, и линейная плотность светового потока ламп Φ' . Поперечная кривая задается каталожными данными.

Продольная кривая часто характеризуется параметром m . Для светильников с рассеивателями приближенно можно считать m равным 1,25, а для светильников с экранирующими решетками, создающими в продольной плоскости защитные углы $15 - 30 - 45^\circ$, m равным 1,5 – 2,0 – 3,0 соответственно. Плотность потока определяется делением суммарного потока ламп в линии Φ на ее длину L , причем линии с равномерно распределенными по их длине разрывами X рассматриваются при расчете как непрерывные, если $X < 0,5 h$, и под L понимается габаритная длина линии. Для протяженных линий с такими же разрывами можно считать:

$$\phi^1 = \frac{\Phi^1}{1 + X},$$

где ϕ^1 – поток ламп в сплошном элементе длиной l .

При $X > 0,5 h$ для каждого сплошного участка линии отдельно определяется Φ и создаваемая этим участком освещенность. Расчетные графики и таблицы позволяют определить относительную освещенность E (т.е освещенность при $\Phi' = 1000$ лм/м и $h = 1$ м), причем непосредственно определяется освещенность точек, лежащих против конца линии. Освещенность других точек определяется путем разделения линии на части или дополнения их воображаемыми отрезками, освещенность от которых затем вычитается.

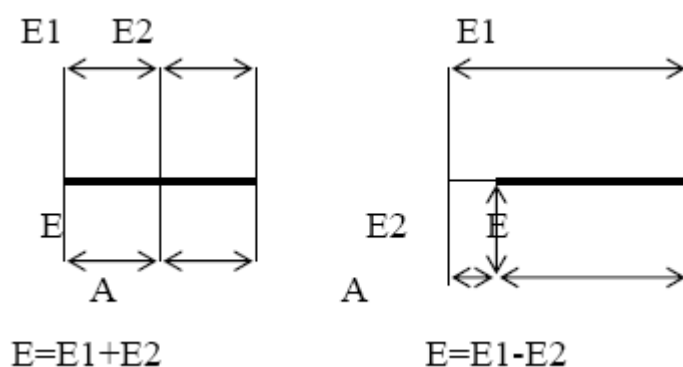


Рисунок 5.1 – Освещённость точек, не лежащих против конца линии

При общем равномерном освещении контрольные точки, как правило, выбираются посередине между рядами светильников. При большой длине рядов (начиная примерно от $2 \cdot h$) сильно сказывается уменьшение освещенности у их концов (вдвое по сравнению с освещенностью центральных участков при рядах неограниченной длины).

Для компенсации этого достаточно продлить линию на $0,5 \cdot h$ за пределы освещаемой поверхности. При принятии этой меры, контрольная точка может выбираться против середины рядов.

При общем освещении больших помещений часто указанной компенсации не предусматривается в предположении, что непосредственно у торцовых стен работ не производится, ряды доводятся до торцовых стен и контрольная точка выбирается на расстоянии примерно h от последних.

Для определения E наиболее удобны графики линейных изолукс. При пользовании ими по плану обмеряются размеры C и L (рисунок 5.2), находятся отношения $p' = p : h$ и $L' = L : h$ и для точки с координатами p' и L' определяется E .

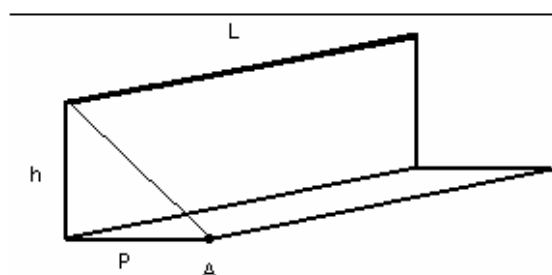


Рисунок 5.2 – Размеры, определяющие положение линии по отношению к

контрольной точке

Линии, для которых $L' > 4$, при расчетах практически могут рассматриваться как неограниченно длинные. Суммирование значений E от ближайших рядов или их частей, освещающих точку, дает E , коэффициент m принимается, как и выше, и находится необходимая линейная плотность потока:

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E \cdot k \cdot h}{m \cdot \sum \varepsilon},$$

на основании чего осуществляется компоновка линий.

Для компоновки линий применяются два практических приема:

1 Находится общий необходимый поток ламп в линии, как Φ/L ; после этого компоновка линии производится так же, как рассмотрено в методе коэффициента использования.

2 Если линия достаточно длинна и правомерно пользование формулой, то, придавая Φ возможные значения, находим:

$$1 + X = \frac{\Phi}{\Phi'}$$

и, понимая здесь под L длину светильника, выбираем подходящий вариант.

При отсутствии для данного светильника линейных изолюкс (но при известном, конечно, светораспределении светильника) возможно определение E по данным, для усредненного значения $m = 1,5$.

В этом случае, определив, как обычно, p' и L' , находим $f(p', L')$ и a ; зная a , находим I_a и определяем $E = f(p', L') I_a$.

Задача 1

Необходимо рассчитать осветительную установку показанную на рисунке 5.3, на наименьшую заданную освещенность при $K=1,5$. Данные для расчета выбираются по таблице 5.1 по варианту. Расстояние от крайнего ряда светильников до стены принимаем $0,3 : 0,4$ от расстояния между рядами светильников.

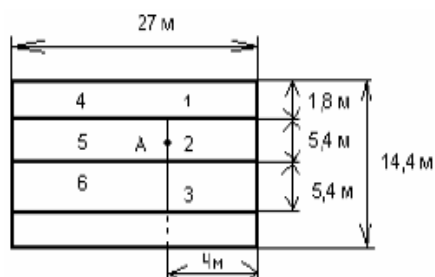
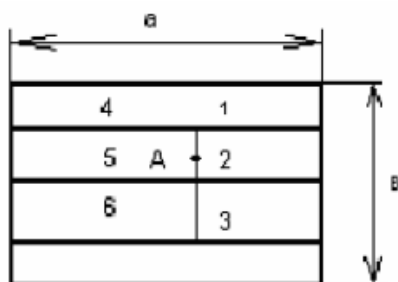


Рисунок 5.1 а – Осветительная установка Рисунок 5.2 б – Для задачи 1

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчёта

№ вар.	E лк	h м	A м	B м	Группа светильников
1	300	3	20	10	Группа 1
2	250	4	22	11	Группа 2
3	150	2,5	17	9	ЛОУ1ПЗ – 2·40 / 1001
4	200	5	23	13	Группа 3
5	150	6	24	14	Группа 4
6	250	2,5	15	8	ЛОУ1ПЗ – 2·40 / 1001
7	300	3	19	11	ПВЛМ
8	200	4	18	10	ПВЛМ – Р
9	400	3	20	9	Группа 5
10	300	4	23	13	Группа 6
11	250	5	25	12	Группа 7
12	100	3	18	11	ШОД
13	200	6	22	12	Группа 11
14	150	3	19	12	Группа 14
15	300	4	22	12	Группа 16
16	100	5	21	14	Группа 22
17	250	3	18	9	УВЛН6
18	100	4	15	8	УВЛН6
19	200	6	25	13	Группа 23
20	150	3	21	10	Группа 24
21	300	4	17	9	Группа 25
22	250	5	18	10	Группа 1
23	300	6	26	15	Группа 2

Продолжение таблицы 5.1

24	150	3	19	10	Группа 3
25	200	4	18	11	Группа 4
26	300	5	22	9	Группа 5
27	400	6	24	13	Группа 6
28	200	3	20	11	Группа 7
29	250	4	21	10	Группа 11
30	300	5	22	12	Группа 14
31	150	6	20	11	Группа 16
32	100	3	19	9	Группа 22
33	300	4	16	8	Группа 23
34	200	5	23	10	Группа 24
35	150	6	27	17	Группа 25

Варианты индивидуальных данных к расчету студент выбирает по согласованию с преподавателем.

Решение

Необходимо рассчитать осветительную установку, показанную на рисунке 5.1 на наименьшую $E = 300$ лк при $K=1,5$, светильники ЛДР с лампами ЛБ, $h = 4$ м, длина помещения $A = 27$ м, ширина помещения $B = 14,4$ м.

Точка A освещается шестью «полурядами», отмеченными цифрами от 1 до 6. Значения p , L , p' , L' и определенные по рисунку 6-40 / 7 / величины E указаны ниже.

Полуряд	p				
1 и 2		4	0,67	1	$2 \cdot 87$
3		4	2,0	1	7
4 и 5		23	0,67		$2 \cdot 115$
6		23	2,0		14
					Сумма $E = 425$

Применяя $m = 1,1$, находим

$$M = \frac{1000 \cdot 300 \cdot 1,5 \cdot 4}{1,1 \cdot 425} = 3850 \text{ лм/м}$$

В каждом ряду полный поток ламп должен составить $3850 \cdot 27 = 104000$ лм, что соответствует $104000 : (2 \cdot 2850) = 18$ светильников $2 \cdot 40$ Вт, которые хорошо вписываются в ряд, заполняя его почти без разрывов (при лампах большей мощности ряд имел бы разрывы).

Вопросы к практическому занятию

1. Как влияет освещенность на работоспособность человека?
2. Каковы виды естественного и искусственного освещения?
3. Какими нормами и исходя из чего нормируется естественное и искусственное освещение?
4. Какие методы существуют для расчета искусственного освещения?
5. Каковы преимущества и недостатки ламп накаливания и люминесцентных?
6. По каким соображениям выбирают светильники для искусственного освещения?
7. Какие требования предъявляются к аварийному освещению?
8. Как контролируют освещенность рабочих мест?

Практическое занятие № 6
Расчет установок искусственного освещения
по методу коэффициента использования

Цель работы и теоретическую часть занятия смотри практическое занятие №4.

Метод светового потока, именуемый иногда методом коэффициента использования, обычно используют только для определения общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности, так как при расчете данным методом оценка минимальной освещенности без конкретизации точек с такой освещенностью весьма приближительна.

Задача 1

Помещение имеет следующие параметры: длина A (м), ширина B (м), площадь пола S (м²), высота H (м). Коэффициенты отражения стен ρ_c (%) и потолка ρ_n (%). Высота рабочего места h_c , расстояние от потолка до нижней кромки светильника h_l . Нормативная освещённость, которая зависит от вида работ, E_n (лк). Коэффициент Z , представляющий собой отношение средней освещённости к минимальной, для ламп накаливания равен 1.15, для люминесцентных ламп – 1.1.

Определить расположение и число (N) светильников, мощность ламп накаливания.

Решение

Найдём расчётную высоту подвеса светильников h :

$$h = H - h_c - h_l$$

Определим индекс помещения i :

$$i = S / (h \cdot (A + B))$$

где: S – площадь пола (м²)

Согласно схеме вычислений (рисунок 6.1), с учётом значений i , ρ_c , ρ_n коэффициент использования светового потока N_1 .

Определим расстояния между светильниками:

$$L = a \cdot h$$

Вычислим расстояние от стены до светильника:

$$l = L/3$$

Найдём число светильников $N = f(L, l, s)$, используя схему, приведённую на рисунке 4.8:

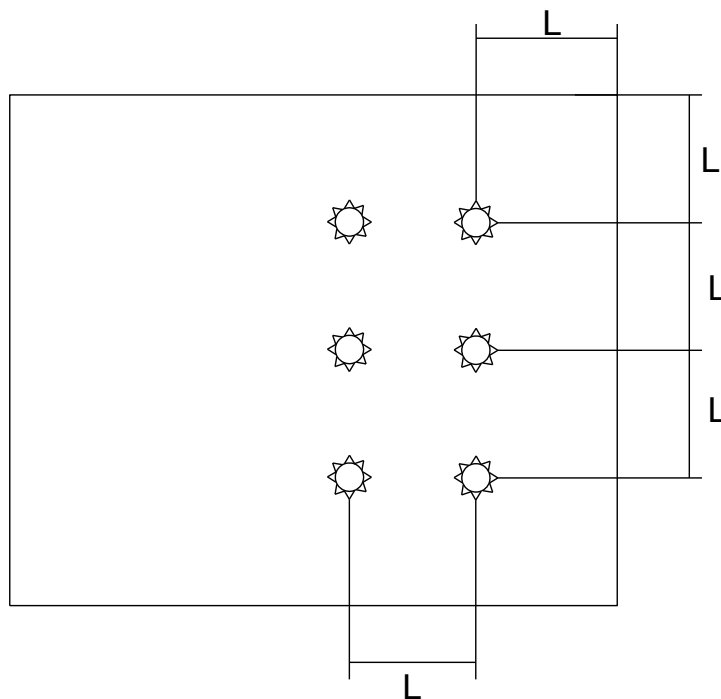


Рисунок 6.1 – Схема расположения светильников

Рассчитаем световой поток лампы F :

$$F = E_n \cdot K \cdot Z / N_1 / N$$

Установим мощность лампы по таблице 6.3.

Варианты индивидуальных данных к расчету студент выбирает по согласованию с преподавателем.

Тип светильника:

1 – 4 глубокоизлучатель, эмалированный

4 – 6 универсаль без затемнителя

7 – 9 универсаль с затемнителем

10 – 12 зазеркальная лампа

13 – 17 люцетта цельного стекла

18 –20 универсаль с затемнителем

21 – 23 зеркальная лампа; 24 –26 универсаль без затемнителя

Таблица 6.1 – Варианты заданий

N вар	A , м	B , м	H , м	P_c , %	P_n , %	h_c , м	h_n , м	E_n , ЛК	K
1	10	6	2.5	10	30	0.6	0.2	100	1.3
2	10	8	2.5	30	50	0.65	0.25	150	1.5
3	12	10	2.5	50	70	0.7	0.3	200	1.3
4	12	8	2.5	10	30	0.75	0.35	300	1.5
5	12	6	2.5	30	50	0.8	0.40	300	1.3
6	14	6	2.5	50	70	0.85	45	200	1.5
7	14	8	2.6	10	30	0.9	0.5	150	1.3
8	14	10	2.6	30	50	0.95	0.55	100	1.5
9	14	12	2.6	50	70	1.0	0.6	100	1.3
10	16	8	2.6	10	30	0.95	0.6	150	1.5
11	16	10	2.7	30	50	0.9	0.55	200	1.3
12	16	6	2.7	50	70	0.85	0.5	300	1.5
13	16	12	2.7	30	30	0.8	0.45	300	1.3
14	16	14	2.7	30	50	0.75	0.4	200	1.5
15	18	8	2.7	50	50	0.7	0.35	150	1.3
16	18	12	2.8	50	70	0.65	0.3	100	1.5
17	18	14	2.8	70	70	0.6	0.25	100	1.3
18	18	10	2.8	10	30	0.65	0.2	150	1.5
19	18	16	2.8	30	50	0.7	0.25	200	1.3
20	20	8	2.8	50	70	0.75	0.3	300	1.5
21	20	12	2.9	10	30	0.8	0.35	300	1.3
22	20	10	2.9	30	50	0.85	0.4	200	1.5
23	20	14	2.9	50	70	0.9	0.45	150	1.3
24	20	16	2.9	10	30	0.94	0.5	100	1.5
25	22	18	2.9	30	50	1.0	0.55	150	1.3
26	22	10	3.0	50	70	0.95	0.6	200	1.5

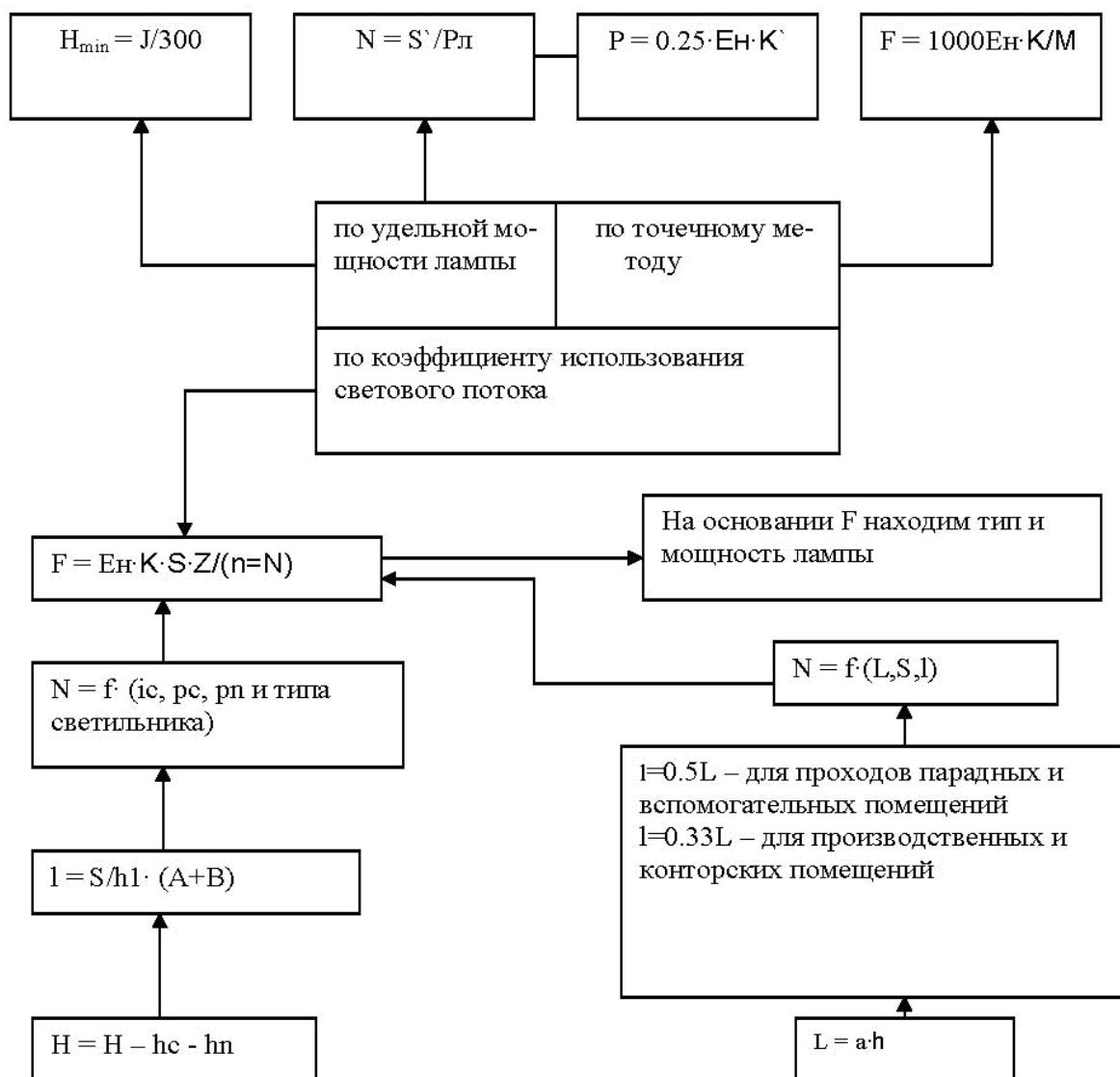


Рисунок 6.2 – Схема расчета искусственного освещения

Таблица 6.2 – Коэффициенты использования светового потока

	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	50	70	70
	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	30	30	50	50	70
<i>i</i> – коэффициент использования N_1 (%)																	
0.5	19	21	25	21	24	28	14	17	21	21	30	35	14	16	20	22	29
0.6	24	27	31	27	30	34	19	22	26	26	37	42	19	21	25	27	33
0.7	29	31	34	32	35	38	23	26	29	29	43	48	23	24	29	30	38
0.8	32	34	37	35	38	41	26	28	32	32	47	52	25	26	31	33	41
0.9	34	36	39	38	40	44	28	30	34	34	50	54	27	29	33	35	43
1.0	36	38	40	40	42	45	30	32	35	35	53	56	29	31	34	37	44

Продолжение таблицы 6.2

1.1	37								36								
1.25	39	39	41	42	44	46	31	33	37	36	54	58	30	32	36	38	46
1.5	41	41	43	44	46	48	33	35	40	37	57	60	31	34	38	41	48
1.75	43	43	46	46	48	51	35	36	41	40	59	64	34	37	41	44	51
2.0	44	44	48	48	50	53	37	39	43	41	62	66	36	39	43	46	53
2.25	46	46	49	50	52	55	39	40	45	43	65	68	38	41	45	48	55
2.5	48	48	51	52	54	56	40	42	46	45	67	71	40	43	47	50	57
3.0	49	49	52	54	55	59	42	44	47	46	69	73	41	45	48	52	58
3.5	50	51	53	55	57	60	43	45	48	47	70	75	44	47	51	54	60
4.0	51	52	54	56	58	61	44	46	49	48	72	76	45	49	52	57	63
5.0	52	52	55	57	59	62	45	47	51	49	73	77	46	50	54	59	64
		54	57	58	60	63	46	48		51	75	79	48	52	56	61	65

Таблица 6.3 – Коэффициент запаса K

Характеристика объекта	При лампах накаливания	При люминесцентных лампах
Помещение с большим выделением пыли и копоти	1.7	2.0
Помещение со средним выделением пыли и копоти	1.5	1.8
Наружное освещение светильников	1.3	1.5
Помещение с малым выделением пыли	1.3	1.5
Прожекторное освещение	1.5	-

Таблица 6.4 – Лампы накаливания нормальные

Тип лампы		Мощность, Вт	Световой поток, лк	
127 В	220 В		127 В	220 В
НВ – 40	–	10	80	–
НВ – 10	НВ – 23	15	135	105

Продолжение таблицы 6.4

НВ – 11	НВ – 24	25	260	220
НВ – 12	НВ – 25	40	490	400
НГ – 21	НГ – 27	60	820	715
НГ – 23	НГ – 48	100	1630	1450
НГ – 24	НГ – 49	150	2300	2000
НГ – 25	НГ – 50	200	3200	2800
НГ – 26	НГ – 51	300	4950	4600
НГ – 28	НГ – 53	500	9100	8300
НГ – 29	НГ – 54	750	14250	13100
НГ – 30	НГ – 55	1000	19500	18600

Примечание: НВ – вакуумные лампы; НГ – газонаполненные лампы

Вопросы к практическому занятию

1. Расчет освещенности по методу коэффициента использования.
2. Виды источников света. Защитный угол светильника
3. Классификация светильников по характеру светораспределения.
4. Классификация светильников по конструктивному исполнению.
5. Классификация светильников по назначению.
6. Устройство газоразрядных ламп.
7. Нормирование освещенности на рабочих местах.
- 8 Классификация искусственного освещения по функциональному назначению .
- 9 Основные светотехнические характеристики искусственного освещения
- 10 Источники искусственного освещения и осветительные приборы.
- 11 Нормирование искусственного освещения

Практическое занятие № 7

Расчет установок искусственного освещения по точечному методу

Цель работы и теоретическую часть занятия смотри практическое занятие № 4.

Точечный метод применяют в основном для расчета локализованного и комбинированного освещения, освещения наклонных и вертикальных плоскостей. На практике точечный метод расчета применяют при проектировании общего равномерного освещения помещений, если требуется оценить освещенность в конкретных точках.

Особое значение имеет расчет по точечному методу при светильниках концентрированного светораспределения, так как в этом случае даже незначительное изменение расположения светильников может привести к резкому снижению освещенности на отдельных участках, обнаружить которое на стадии проектирования можно только расчетами по точечному методу.

Расчет освещенности в заданной точке от точечного источника света на плоскости, произвольно ориентируемой в пространстве, осуществляется по выражению

$$E = \frac{I_a \cdot \cos^2 \alpha}{H_p^2 \cdot k} \cdot \left(\cos \theta + \sin \frac{P}{H_p} \cdot \sin \theta \right)$$

где I_a – сила света по направлению к расчетной точке, $кд$;

α – угол между нормалью рабочей поверхности и направлением светового потока от источника света, $град$;

H_p – высота подвеса светильника над горизонтальной плоскостью, проходящей через расчетную точку, $м$;

k – коэффициент запаса лампы;

P – кратчайшее расстояние от проекции оси симметрии светильника на горизонтальную плоскость до следа пересечения последней с расчетной плоскостью, $м$;

θ – угол наклона расчетной плоскости к горизонту, $град$.

В случае определения освещенности в горизонтальной и вертикальной плоскостях выражение примет вид:

для горизонтальной плоскости

$$E = \frac{I_a \cdot \cos^3 \alpha}{H_p^2 \cdot k}$$

для вертикальной плоскости

$$E = \frac{I_a \cdot \cos^3 \alpha}{H_p \cdot k}$$

Данные о распределении силы света приводятся в светотехнических справочниках.

При необходимости расчета освещенности в точке, создаваемой несколькими светильниками, подсчитывают освещенность от каждого из них, а затем полученные значения складывают.

Задача 1

Определить точечным методом мощность ламп накаливания в производственном помещении с малым выделением копоти и дыма ($k = 1,3$). Нормированная освещенность $E_{min} = 80$ лк. Для монтажа выбираем светильники типа «Астра-12» с высотой подвеса над освещаемой (рабочей) поверхностью 2,5 м. Расположение светильников и расстояние d от проекции каждого светильника на освещаемую поверхность до расчетной точки A (точки минимальной освещенности) по масштабному обмеру указаны на рисунке 7.1.

Решение. Определяем по графику пространственных изолукс освещенность e в расчетной точке A от ближайших светильников и сводим расчеты в таблицу 7.1. Светильники 4, 8 и 12 в расчет не принимаем, так как они на освещенность точки A практически не влияют.

Определяем световой поток Φ , необходимый для получения нормированной освещенности 80 лк,

$$\Phi = 1000 E_{min} k / (k \Sigma e) = 1000 \cdot 80 \cdot 1,3 / (1,1 \cdot 34,11) = 2770 \text{ лм.}$$

Таблица 7.1 – Расчетная таблица

Номер светильника	Расстояние от точки <i>A</i> до про-екции светильника на освеща-емую поверхность, м	Условная освещенность от одного светильника, лк
1	6,0	1,0
2	7,2	0,55
3	10,0	0,16
5; 9	2,0	2x13,5
6	4,8	1,9
7; 11	8,0	2x0,4
10	4,4	2,7
		$\Sigma l = 34,11$ лк

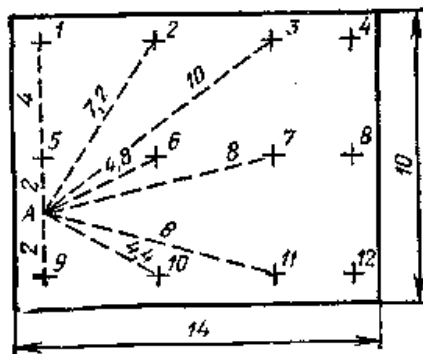


Рисунок 7.1 – Расчет освещения точечным методом

Выбираем по каталогу ближайшую по световому потоку лампу Г220-200 мощностью 200 Вт, световой поток которой $\Phi_{\text{л}} = 2800$ лм. Фактическая освещенность в точке *A*

$$E_{\phi} = \Phi_{\text{л}} \cdot \mu \cdot \Sigma e / (1000 \cdot k) = 2800 \cdot 1,1 \cdot 34,11 / (1000 \cdot 1,3) = 81 \text{ лк.}$$

$$E_{\phi}\% = E_{\phi} \cdot 100 / E_{\text{min}} = 81 \cdot 100 / 80 = 101,5\% .$$

Задача 2

Выбрать люминесцентные светильники и определить их число для освещения животноводческого помещения размером 46·15 м, для которого нормированная освещённость $E_{\text{min}} = 100$ лк.

Решение: Принимаем к монтажу светильники ПВЛМ 2×40 с двумя люминесцентными лампами ЛБР – 40 мощностью по 40 Вт и световым потоком 2480 лм. Длина светильника $l_{св} = 1325$ мм. Светильники располагаем в три ряда с длиной каждого ряда $L = 42$ м и расстояние между соседними рядами 5 м. Расстояние крайних рядов до стены 2,5 м. Высота подвеса $h = 3$ м.

Расчет освещения ведем по точке, находящейся в конце светящегося ряда на расстоянии 0,5 м от стены (2 м от крайнего ряда).

Определяем p' и L' для каждого ряда

$$L_1 = L_2' = L_3' = \frac{L}{h} = \frac{42}{3} = 14$$

$$p^1 = \frac{p^1}{h} = \frac{2}{3} = 0,67 \quad p_2^* = \frac{p_2}{h} = \frac{7}{3} = 2,33$$

$$p_3' = \frac{p_3}{h} = \frac{12}{3} = 4$$

По значениям p' и L' на графике линейных изолукс для светильника ПВЛМ 2 х 40 определяем освещенность в расчетной точке от каждого ряда:

$$\varepsilon_1 = 88 \text{ лк}; \varepsilon_2 = 8,5 \text{ лк}; \varepsilon_3 = 4,5$$

$$\sum \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 88 + 8,5 + 4,5 = 101 \text{ лк}$$

Принимаем $k=1,5$ и $\mu=1,1$ и определяем расчетную плотность светового потока

$$\Phi^1 = \frac{1000 \cdot E \cdot k \cdot h}{\mu \cdot \sum \varepsilon} = \frac{1000 \cdot 100 \cdot 1,5 \cdot 3}{1,1 \cdot 101} = 4030 \text{ лм/м}$$

Расчетный световой поток ряда

$$\Phi = \Phi' \cdot L = 4030 \cdot 42 = 169000 \text{ лм}$$

Тогда число светильников в ряду

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_{л} \cdot n} = \frac{169000}{2480 \cdot 2} = 34$$

Суммарная длина светильников в ряду

$$L_{с\sum} = 34 \cdot 1,325 = 45 \text{ м.}$$

Светильники монтируем без разрывов (встык). Расстояния от концов светящихся линий до торцовых стен 0,5 м.

Установленная мощность освещения помещения

$$P_{уст} = N \cdot n_p \cdot n \cdot P_l = 34 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 40 = 8160 \text{ Вт}$$

Задача 3

В помещении площадью $A \cdot B$, при высоте подвеса над рабочей поверхностью H_p , установлено n светильников ШОД с лампами ЛБ 2×40 Вт. Требуется определить дополнительную освещённость за счет отражённого света. Принимаем: ρ_n – коэффициент отражения потолка = 70%; ρ_c – коэффициент отражения стен = 50%; ρ_p – коэффициент отражения рабочей поверхности (стола) = 10%; κ – коэффициент запаса = 1,5.

Решение

Зависимость коэффициента использования от геометрических размеров помещения учитывается показателем помещения i . Для прямоугольных помещений i выражается эмпирической формулой:

$$i = (A \cdot B) / (H_p \cdot (A + B))$$

Находим коэффициент использования (u) по таблице 1.2, соответствующий показателю помещения I , и коэффициентам ρ_n , ρ_c , ρ_p и ($u_{p=0}$)

Примечание: u а так же $u_{p=0}$ подставляются в формулы в относительных единицах.

Коэффициент использования отражённых потоков:

$$u_{отр} = u - u_{p=0}$$

Определяем отражённую составляющую освещённости

$$E_{отр} = (n \cdot F_l (u - u_{p=0})) / (\kappa \cdot S)$$

В каждом светильнике ШОД две лампы по 40 Вт.

Варианты индивидуальных данных к расчету студент выбирает по согласованию с преподавателем.

Таблица 7.2 – Исходные данные

Вариант	$A \cdot B$, м	Кол-во светильников	H_p , м
1	12×6	8	2,0
2	14×6	14	2,1
3	16×6	18	2,2
4	18×8	34	2,3
5	20×8	16	2,4
6	22×8	22	2,5
7	20×10	35	2,6
8	18×10	40	2,7
9	16×10	16	2,8
10	14×14	26	2,9
11	14×12	25	3,0
12	14×10	34	3,1
13	12×10	12	3,2
14	12×8	14	3,3
15	10×10	18	3,4
16	8×10	20	3,5
17	6×10	8	3,6
18	11×8	14	3,7
19	11×9	20	3,8
20	15×7	28	3,9
21	15×9	14	4,0
22	15×11	24	2,0
23	17×8	25	2,1
24	17×6	24	2,2
25	19×9	16	2,3

Таблица 7.3 – Коэффициенты использования .

	ШОД	
$\rho_n, \%$	70	0
$\rho_c, \%$	50	0
$\rho_p, \%$	10	0
i		
0,5	22	10
0,6	28	12
0,7	32	14
0,8	35	16
0,9	38	18
1,0	41	19
1,1	43	20
1,25	46	22
1,5	50	24
1,75	53	25
2,0	55	27
2,25	57	28
2,5	59	29
3,0	61	30
3,5	63	31
4,0	65	32

Вопросы к практическому занятию

- 1 Расчет освещенности точечным методом и способы повышения k, n, θ светильников.
- 2 Проектирование осветительных установок и виды источников света.
- 3 Коэффициент пульсации. и показатель ослепленности.
- 4 Современные осветительные системы.

Практическое занятие № 8
Расчет установок искусственного освещения
по методу круглосимметричных точечных излучателей

Цель работы и теоретическую часть занятия смотри практическое занятие №4.

Круглосимметричные точечные излучатели

Первоначально принимается, что поток лампы (при многоламповых светильниках — суммарный поток ламп) в каждом светильнике равен 1000 лм. Создаваемая в этом случае освещенность называется условной и обозначается e .

Величина e зависит от светораспределения светильника и геометрических размеров d и h .

Для определения e служат пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности (рисунок 6-1 - 6-33 /15/), на которых находится точка с заданными d и h (d , как правило, определяется обмером по масштабному плану) и e определяется путем интерполирования между значениями, указанными у ближайших изолюкс. Аналогичные графики, но построенные по данным измерений, могут применяться для расчета местного освещения.

Пределы шкал на графиках отнюдь не определяют возможной области применения светильника. Если заданные d и h выходят за пределы шкал, в ряде случаев возможно обе эти координаты увеличить (уменьшить) в n раз так, чтобы точка оказалась в пределах графика, и определенное по графику значение увеличить (уменьшить) в n_2 раз.

При отсутствии изолюкс для данного светильника можно воспользоваться графиком для излучателя, имеющего по всем направлениям силу света 100 кд. Значение условной освещенности e_{100} определяется, как сказано выше, одновременно по радиальным лучам находится значение a и по кривой силы света светильника I_a , после чего

$$e = e_{100} \cdot \frac{I_a}{100}$$

Пусть суммарное действие «ближайших» светильников создает в контрольной точке условную освещенность E_e , действие более далеких светильников и отраженную составляющую приближенно учтем коэффициентом m . Тогда для получения в этой точке точки освещенности E с коэффициентом запаса K лампы в каждом светильнике должны иметь поток

$$\Phi = \frac{1000 \cdot E \cdot k}{m \cdot \sum \varepsilon}$$

По этому потоку подбирается ближайшая стандартная лампа, поток которой должен отличаться от расчетного в пределах $-10 - + 20\%$. При невозможности выбора лампы с таким допуском корректируется расположение светильников.

В качестве контрольных выбираются те точки освещаемой площади, в которых E_e имеет наименьшее значение.

Характерные контрольные точки для случая общего равномерного освещения показаны на рисунке 8.1

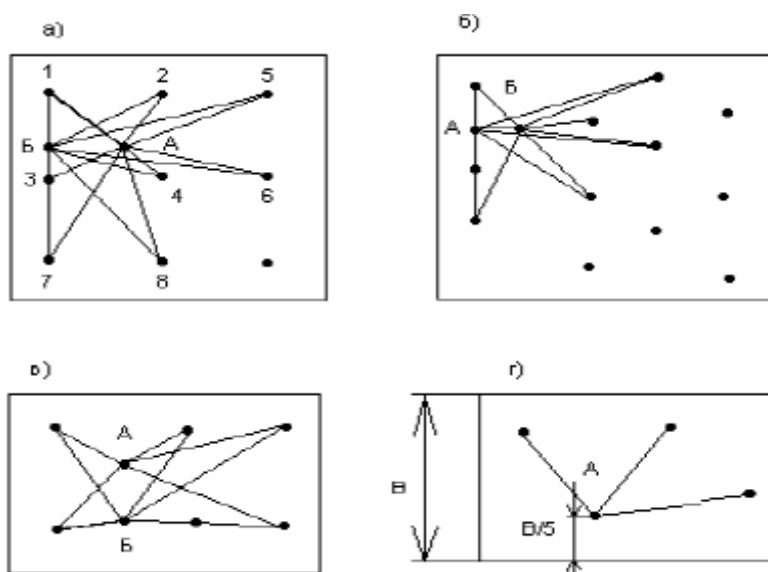


Рисунок 8.1 – Контрольные точки

При встречающемся учащенном расположении светильников рядами вдоль светотехнических мостиков контрольная точка выбирается между рядами на расстоянии от торцевой стены, примерно равном расчетной высоте.

В принципе не следует выискивать точки абсолютного минимума у стен или в углах если в подобных точках есть рабочие места, задача доведения здесь освещенности до норм может быть решена увеличением мощности ближайших

светильников или установкой дополнительных светильников.

Схемы расчета локализованного освещения разнообразны. Контрольные точки выбираются, как сказано выше, т.е. наихудшие в пределах поверхности, на которой должна быть обеспечена заданная E . Мощности ламп, участвующих в освещении точки, могут быть и разными. Одна из употребительных схем расчета, предварительное определение мощности ламп, необходимой для равномерного освещения помещения и расчет мощности дополнительных ламп по разности между освещенностью, необходимой в точке и освещенность, создаваемой равномерным освещением.

На рисунке 8.1 контрольные точки соединены линиями с теми светильниками, от которых, обычно определяются значения e . Вообще же, чем меньше $L:h$ и чем шире светораспределения светильников, тем большую роль играют «удаленные» светильники и тем тщательнее следует их учитывать. Во всех случаях при определении ее не должны учитываться светильники, реально не создающие освещенности в контрольной точке из-за затенения оборудованием или самим рабочим при его нормальном фиксированном положении у рабочего места.

Значение m чаще всего можно принимать в пределах 1,1 – 1,2, оно зависит от коэффициентов отражения поверхностей помещения, характера светораспределения, тщательности учета «удаленных» светильников и т.д.

В помещении, требуется обеспечить заданное значение E при $K = 1,3$. Данные для расчета выбираются по варианту из таблицы 8.1

Варианты индивидуальных данных к расчету студент выбирает по согласованию с преподавателем.

Таблица 8.1 - Исходные данные для расчета круглосимметричных точечных излучателей

Вариант	Освещенность E , лк	Расстояние до рабочей поверх- ности, h м	Размеры полей м	Тип светильника	№ ри- сунка
1	100	3,5	2·3,5	У15	в
2	50	2,5	1,5·3	УП-24	а
3	200	2,5	1,5·2,5	УПМ-15	б
4	150	4	2,5·4	ППД-200	в
5	100	3	2·4	ППД-500	а
6	50	2,5	2·3	ППД-100	б
7	200	2	1,5·2,5	УПД	в
8	150	7	3·4	ППД2-500	а
9	100	3	2,5·5	Астра- 11	б
10	50	2,5	2·4	ппр	в
11	200	2	3·5	пун	а
12	150	8	4·6	Гс	б
13	100	2	3·5	ПО-21	в
14	50	3,5	2·5	СУ	а
15	200	2	2·3	Астра- 1	б
16	150	4	4·5	арт135	в
17	100	3,5	3·5	УП-24	а
18	50	3	2·4,5	У15	б
19	200	2	2·3	УПМ-15	в
20	150	5	3·6	ППД200	а
21	100	3,5	3·5	УПР	б
22	50	3,5	2·4	ППД100	в
23	200	2	2·3	НСП09	а
24	150	4	4·5	ПУН	б
25	100	3,5	3·5	ППД500	в
26	50	6	3·4	СУ	а
27	200	5	2·4	ППД 2-500	б
28	150	4	3·5	Астра- 1 1	в

Продолжение таблицы 8.1

29	100	10	4·5	Гс	а
----	-----	----	-----	----	---

30	50	2,5	2·4	ПО-21	б
31	200	3	2·3	Астра- 12	в
32	150	5	4·5	УП-24	а
33	100	3,5	3·4	Арт. 135	б
34	150	2,5	3·5	Астра- 12	в

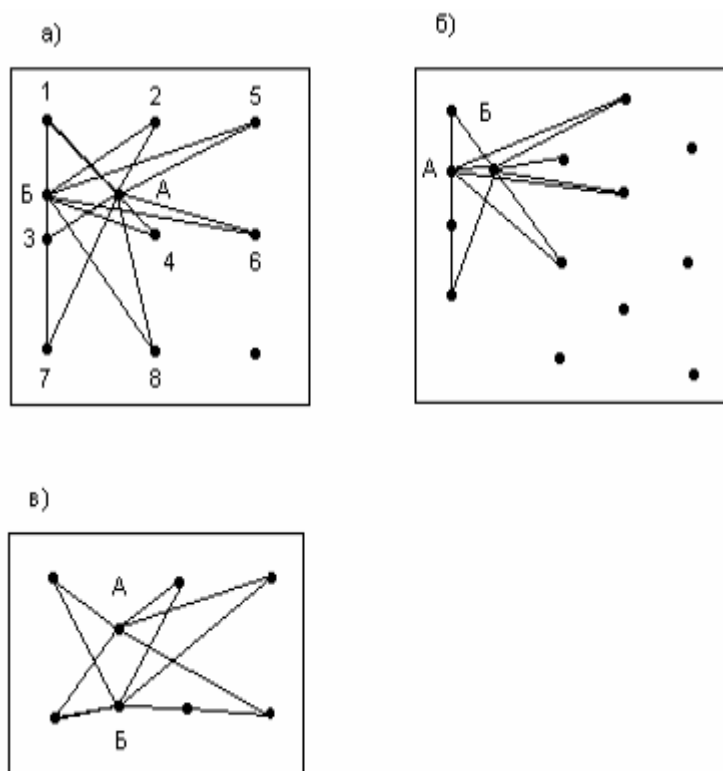


Рисунок 8.2 – Контрольные точки

Задача 1

В помещении, часть которого показана на рисунке 8.2 а, требуется обеспечить $E = 50$ лк при $K = 1,3$. Светильники УПД подвешены на высоте $h = 3$ м. Размеры полей $6 \cdot 4$ м. Расстояние d определяем обмером по масштабному плану. Значение e определяем по графику рисунка 6-6 /7/. Расчеты сводим в таблицу 8.2.

Таблица 8.2 – Результаты расчета

Точка			Условная освещенность, лк
-------	--	--	---------------------------

	Номера светильников	Расстояние d , м	от одного светильника	от всех све- тильников
А	1,2,3,4	3,6	5,6	22,4
	5,6	6,7	0,4	0,8
	7,8	9,2	0,1	0,2
				$Y_e = 23,4$
Б	1,3	3	8,0	16
	2,4	5	1,8	-3,6
	5,6	8,5	0,15	0,3
	7	9	0,1	0,1
				$Y_e = 20$

Наихудшей оказывается точка *Б*, по освещенности которой определяем необходимый поток, принимая $m=1,1$:

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 1,3}{1,1 \cdot 20,0} = 2950 \text{ лм}$$

По таблице 2 – 2 / 7 / выбираем лампу 200 вт.

Вопросы к практическому занятию

1. Методика расчета круглосимметричных точечных излучателей.
2. Количественные характеристики искусственного освещения.
3. Качественные характеристики искусственного освещения.
4. Видимость.
5. Контраст объекта с фоном.
6. Яркость.
7. Сила света.

Практическое занятие №9

Расчет эффективности звукопоглощения

Цель практического занятия – ознакомить студентов с назначением, устройством, принципом действия и методикой расчета эффективности звукопоглощения.

Теоретическая часть

Назначение, устройство, принцип действия звукопоглощения

Звуковое поле внутри помещения складывается из прямых волн, создаваемых источниками шума, и отраженных от стен и потолка. Задача звукопоглощения – уменьшить долю отраженной волны. С этой целью на ограждающих конструкциях помещений размещаются звукопоглощающие материалы (акустические плиты) или специальные звукопоглощающие конструкции (звукопоглощающие облицовки).

Способность материалов поглощать звуковую энергию характеризуется коэффициентом звукопоглощения α , который представляет собой отношение звуковой энергии, поглощенной материалом, к энергии, на него падающей. Поглощение происходит за счет преобразования звуковой энергии в тепловую при трении воздуха в порах материала. Звукопоглощением обладают любые материалы и строительные конструкции. В таблице 9.1 приведены коэффициенты звукопоглощения ограждающих конструкций помещений [19].

Звукопоглощающими называют материалы и конструкции, обладающие выраженной способностью поглощать падающую на них звуковую энергию ($\alpha > 0,2$). Иногда, особенно на низких частотах, поглощение звука происходит за счет колебания материала, на который падает звуковая волна.

Таблица 9.1 – Коэффициенты звукопоглощения ограждающих конструкций помещений

	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц
--	---

Ограждающие конструкции помещений	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Окна и двери								
застекленные оконные переплеты	0,35	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04	0,03
окна двойные в деревянных переплетах	0,35	0,35	0,29	0,20	0,14	0,10	0,06	0,04
двери монолитные лакированные	0,03	0,03	0,02	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Полы								
паркетные по асфальту	0,04	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	0,07
паркетные на шпонках	0,20	0,20	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06
покрытые по твердому основанию метлахской плиткой	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
бетонные	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Стены и потолки								
оштукатуренные и окрашенные клеевой краской	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
оштукатуренные и окрашенные масляной краской	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
стены, оштукатуренные по металлической сетке	0,02	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06	0,06
стены и потолки бетонные	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02

Продолжение таблицы 9.1

стены кирпичные:	0,01	0,15	0,19	0,29	0,28	0,38	0,46	0,46
------------------	------	------	------	------	------	------	------	------

без расшивки швов								
то же с расшивкой швов	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06

Эффективность звукопоглощения зависит от физических свойств материала и способа его размещения на ограждающей конструкции (рисунок 9.1).

Материалы могут быть прикреплены вплотную к ограждению без перфорированного покрытия (рисунок 9.1 а) с перфорированным покрытием (рисунок 9.1 б), с одним (рисунок 9.1 в, г) или двумя (рисунок 9.1 д) воздушными промежутками. Крепление материала вплотную к ограждению приводит к уменьшению звукопоглощения на низких частотах.

Воздушный промежуток увеличивает эффект звукопоглощения. Наибольшее звукопоглощение достигается в случае, когда середина пористого слоя располагается на расстоянии $\frac{1}{4}$ длины звуковой волны от ограждающей конструкции.

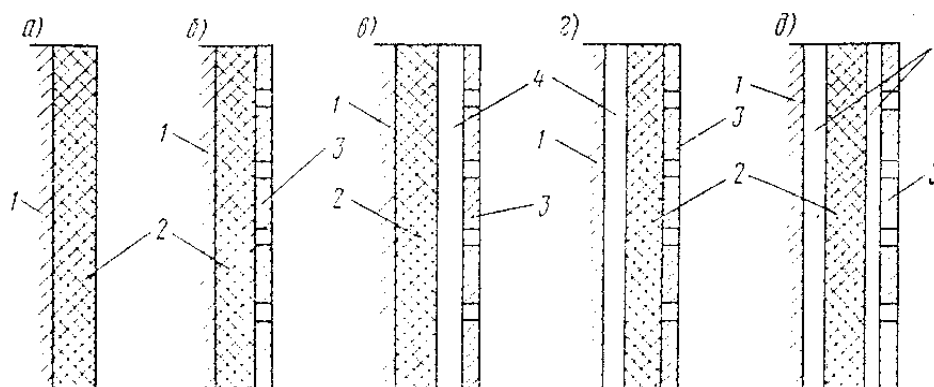


Рисунок 9.1 – Схемы звукопоглощающих конструкций:

1 – ограждение; 2 – звукопоглощающий материал; 3 – перфорированное покрытие; 4 – воздушный промежуток

Для защиты звукопоглощающего материала от повреждений применяются перфорированные покрытия (экраны). Перфорация выполняется в виде круглых отверстий или щелей. В качестве звукопоглощающих материалов используются акустические плиты (таблица 9.2) или звукопоглощающие облицовки из пористо-волокнистых материалов (таблица 9.3) [2].

Характеристикой звукопоглощения ограждающих конструкций является эквивалентная площадь звукопоглощения, определяемая на среднегеометрических октавных частотах по формуле:

$$A_{ij} = \alpha_{ij} \cdot S_i, \quad (9.1)$$

где A_{ij} – эквивалентная площадь звукопоглощения i -той ограждающей конструкции на j -той среднегеометрической октавной частоте, м²;

α_{ij} – коэффициент звукопоглощения i -той ограждающей конструкции на j -той среднегеометрической октавной частоте;

S_i – площадь i -той ограждающей конструкции, м².

Таблица 9.2 – Характеристика акустических плит

Марка и характеристика плиты	Толщина плиты, мм	Воздушный звукопогло- щение, дБ	Коэффициент звукопоглощения α в октавной полосе со среднегеометрической частотой, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ПА/О минераловат- ные акустические с не сквозной перфораци- ей по квадрату диа- метром 4 мм (коэффи- циент перфорации 13 %), размерами 500 x 500 мм	20	0	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,2
		50	0,02	0,05	0,42	0,98	0,90	0,79	0,45	0,19
ПА/С –минераловат- ные акустические, от- делка «набрызгом» ра- змерами 500 x 500 мм	20	0	0,02	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89	0,70
		50	0,02	0,12	0,36	0,88	0,94	0,84	0,80	0,65
«Акмигран», «Акми- нит» минераловатные размерами 300 x 300 мм	20	0	0,02	0,11	0,30	0,85	0,9	0,78	0,72	0,59
		50	0,01	0,2	0,71	0,88	0,81	0,71	0,79	0,65

Продолжение таблицы 9.2

«Силакпор» размерами 450 x 450 мм	45	0	0,10	0,25	0,45	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95
--------------------------------------	----	---	------	------	------	------	------	------	------	------

ПА минераловатные плоские самонесущие офактуренные шири- ной 500, 900, 1000 мм, длиной 1000, 1500, 1800, 2000 мм	40 – 50	0 180	0,28 0,5	0,43 0,7	0,83 0,85	1,0 0,93	1,0 0,98	0,85 0,95	0,8 0,84	0,75 0,8
«Винипор» полу- жёсткий	50	0 50	0,06 0,12	0,23 0,28	0,46 0,63	0,93 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0
ПП-80, ППМ, ММ звукопоглощающие полужёсткие (ГОСТ 9573–82)	50	0 50	0,14 0,2	0,14 0,2	0,52 0,61	0,9 0,9	0,99 0,94	0,42 0,92	0,82 0,78	0,78 0,76

При оценке эффективности звукопоглощения определяется суммарная эквивалентная площадь звукопоглощения всех ограждающих конструкций помещения по формуле:

$$A_{ij} = \sum \alpha_{ij} \cdot S_i, \quad (9.2)$$

Таблица 9.3 – Характеристика звукопоглощающих облицовок из слоёв пористо-волокнистых материалов

Конструкция (ГОСТ или ТУ)	Толщина слоя звукопоглощающего материала, h , мм	Воздушный промежуток, d , мм	Коэффициент звукопоглощения α в октавной полосе со среднегеометрической частотой, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Минераловатная плита (звукопоглощающий материал), стеклоткань (защитная оболочка) типа ЭЗ-100 (ГОСТ 19907–83), гипсовая плита перфорированное покрытие) размерами 550 x 500 мм, толщиной 6 мм, перфорацией по квадрату 13 %, диаметром 10 мм	60	0	(0,1)	0,31	0,70	0,95	0,69	0,59	0,50	0,30
То же, но звукопоглощающий материал – прошивные минераловатные маты	100	0	0,15	0,42	0,81	0,82	0,69	0,58	0,59	0,58
То же, но звукопоглощающий материал – супер-тонкое стекловолокно	100	0	0,3	0,66	1,0	1,0	1,0	0,96	0,7	0,55
Маты из супертонкого базальтового волокна, оболочка из декоративной стеклоткани типа ТСД	50	0 50	0,1 0,15	0,2 0,47	0,9 1,0	1,0 1,0	1,0 1,0	0,95 1,0	0,90 0,95	0,85 0,95

Продолжение таблицы 9.3

Звукопоглощающий материал – прошивные	100	0	0,11	0,35	0,75	1,0	0,95	0,90	0,92	0,95
---------------------------------------	-----	---	------	------	------	-----	------	------	------	------

минераловатные маты, защитная оболочка – стекло-ткань типа ЭЗ-100, перфорированное покрытие – просечно-вытяжной лист толщиной 2 мм, перфорацией 74 %										
То же, но звуко-поглощающий материал – минераловатная плита	50	0	0,09	0,18	0,55	1,0	0,86	0,79	0,85	0,85
То же, супертонкое стекловолокно	50	0	0,07	0,25	0,1	0,95	1,0	1,0	1,0	0,95
		250	0,25	0,63	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,95
То же, маты из супертонкого базальтового волокна	50	0	0,05	0,25	0,66	0,98	0,99	0,98	0,95	0,95
		100	0,2	0,37	0,9	0,99	1,0	1,0	0,98	0,97
Звукопоглощающий материал – базальтовое волокно, защитная оболочка - стеклоткань типа ЭЗ-100; перфорированное покрытие – металлический перфорированный лист перфорацией 27 %	50	0	0,06	0,2	0,5	0,82	0,9	0,92	0,85	0,64
	100	50	0,12	0,34	0,69	0,81	0,83	0,89	0,85	0,64
		0	0,22	0,51	0,73	0,8	0,88	0,92	0,85	0,84
То же, но звукопоглощающий материал – супертонкое стекловолокно	50	0	0,07	0,2	0,47	0,83	0,98	0,91	0,82	0,58
	100	50	0,09	0,29	0,65	0,94	0,89	0,94	0,81	0,58
		0	0,19	0,49	0,81	0,94	0,94	0,9	0,81	0,58
Маты из супертонкого стекловолокна, оболочка из стекло-ткани типа ЭЗ-100	50	0	0,1	0,4	0,85	0,98	1,0	0,93	0,97	1,0

Снижение шума в помещении за счет звукопоглощения определяется по формуле:

$$\Delta L_j = 10 \cdot \lg(A_2 / A_1), \quad (9.3)$$

где ΔL_j – снижение шума на j -той среднегеометрической октавной частоте, дБ;

A_1 – суммарная эквивалентная площадь звукопоглощения всех ограждающих конструкций помещения до облицовки, определяемая по формуле (9.2), м^2 ;

A_2 – то же после облицовки, м^2 .

Исследования и расчеты показывают, что звукопоглощение, как мера защиты от шума, может быть эффективной, если превышение уровней звукового давления над допустимыми составляет не более 8...10 дБ.

Исходные данные для расчета эффективности звукопоглощения

Спектр шума (уровни звукового давления на среднегеометрических октавных частотах) в помещении.

Габаритные размеры ограждающих конструкций помещения.

Коэффициенты звукопоглощения ограждающих конструкций помещения и звукопоглощающих облицовок.

Последовательность расчета

Определяются превышения уровней звукового давления в помещении над допустимыми значениями по СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [4].

Определяются площади ограждающих конструкций помещения: потолка, пола, стен, дверей, окон.

Определяются эквивалентные площади звукопоглощения ограждающих конструкций помещения до облицовки.

Определяется суммарная эквивалентная площадь звукопоглощения ограждающих конструкций помещения до облицовки.

Определяются эквивалентные площади звукопоглощения ограждающих конструкций помещения после облицовки.

Определяется суммарная эквивалентная площадь звукопоглощения ограждающих конструкций помещения после облицовки.

Определяется снижение шума в помещении за счет звукопоглощения.

Определяются ожидаемые уровни звукового давления в помещении после облицовки.

По результатам расчета делаются соответствующие выводы.

Пример расчета

Оценить эффективность звукопоглощения в помещении планового отдела предприятия после облицовки стен и потолка звукопоглощающими материалами. Уровни звукового давления в помещении планового отдела в дБ и коэффициенты звукопоглощения ограждающих конструкций представлены в таблице 9.4. Габаритные размеры ограждающих конструкций представлены в таблице 9.5.

Таблица 9.4 – Исходные данные к расчету эффективности звукопоглощения

Показатель	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звукового давления в помещении планового отдела, L , дБ	58	52	65	67	62	60	51	53
Коэффициенты звукопоглощения ограждающих конструкций помещения до облицовки α_{ij} стены	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
потолок	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
пол	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08	0,06	0,06	0,07

Продолжение таблицы 9.4

окна	0,35	0,35	0,29	0,2	0,14	0,1	0,06	0,04
двери	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,07	0,04

Коэффициенты звукопоглощения облицовки (маты из супертонкого стекловолокна толщиной 50 мм) α_{ij}	0,1	0,4	0,85	0,98	1,0	0,93	0,97	1,0
--	-----	-----	------	------	-----	------	------	-----

Таблица 9.5 – Габаритные размеры ограждающих конструкций помещения

Размеры помещения, м			Двери	Окна
длина A	ширина B	высота H	количество $\times$ высота $\times$ ширина ($n \times h_{дв} \times b_{дв}$)	количество $\times$ высота $\times$ ширина ($m \times h_o \times b_o$)
13	7	3,9	1 $\times$ 2,4 $\times$ 1,2	4 $\times$ 1,8 $\times$ 2,4

Результаты расчетов представлены в таблице 9.6.

Таблица 9.6 – Результаты расчета эффективности звукопоглощения

№ позиции	Показатель	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Уровни звукового давления в помещении планового отдела, L , дБ	58	52	65	67	62	60	51	53
2	Допустимые уровни звукового давления для административно-управленческой деятельности, $L_{доп}$, дБ	79	70	63	58	55	52	50	49
3	Превышение уровней звукового давления над допустимым, Δ , дБ	-	-	2	9	7	8	1	4

Продолжение таблицы 9.6

	до облицовки	$A_{ij} = \alpha_{ij} S_i$
--	--------------	----------------------------

4	Стены, $S_{ст} = 135,8 \text{ м}^2$	<u>0,01</u> 1,4	<u>0,02</u> 2,7	<u>0,02</u> 2,7	<u>0,02</u> 2,7	<u>0,03</u> 4,1	<u>0,04</u> 5,4	<u>0,04</u> 5,4	<u>0,04</u> 5,4
5	Потолок, $S_{пот} = 91 \text{ м}^2$	<u>0,01</u> 0,9	<u>0,01</u> 0,9	<u>0,01</u> 0,9	<u>0,01</u> 1,8	<u>0,02</u> 1,8	<u>0,02</u> 1,8	<u>0,02</u> 1,8	<u>0,02</u> 1,8
6	Пол, $S_{пол} = 91 \text{ м}^2$	<u>0,1</u> 9,1	<u>0,1</u> 9,1	<u>0,1</u> 9,1	<u>0,1</u> 9,1	<u>0,08</u> 7,3	<u>0,06</u> 5,5	<u>0,06</u> 5,5	<u>0,07</u> 6,4
7	Окна, $S_{ок} = 17,3 \text{ м}^2$	<u>0,35</u> 6,1	<u>0,35</u> 6,1	<u>0,29</u> 5,0	<u>0,2</u> 3,5	<u>0,14</u> 2,4	<u>0,1</u> 1,7	<u>0,06</u> 1,0	<u>0,04</u> 0,7
8	Двери, $S_{дв} = 2,9 \text{ м}^2$	<u>0,1</u> 0,3	<u>0,1</u> 0,3	<u>0,1</u> 0,3	<u>0,1</u> 0,3	<u>0,08</u> 0,2	<u>0,08</u> 0,2	<u>0,07</u> 0,2	<u>0,04</u> 0,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Суммарные эквивалентные площади звукопоглощения ограждающих конструкций до облицовки, $A_i = \sum \alpha_{ij} S_i, \text{ м}^2$	17,8	19,1	18,0	16,5	15,8	14,6	13,9	14,4
	после облицовки	$\frac{\alpha_{ij}}{A_{ij} = \alpha_{ij} S_i}$							
10	Стены, $S_{ст} = 135,8 \text{ м}^2$	<u>0,1</u> 13,6	<u>0,4</u> 54,3	<u>0,85</u> 115,4	<u>0,98</u> 133,1	<u>1,0</u> 135,8	<u>0,93</u> 126,3	<u>0,97</u> 131,7	<u>1,0</u> 135,8
11	Потолок, $S_{пот} = 91 \text{ м}^2$	<u>0,1</u> 9,1	<u>0,4</u> 36,4	<u>0,85</u> 77,4	<u>0,98</u> 89,2	<u>1,0</u> 91	<u>0,93</u> 84,6	<u>0,97</u> 88,3	<u>1,0</u> 91
12	Пол, $S_{пол} = 91 \text{ м}^2$	<u>0,1</u> 9,1	<u>0,1</u> 9,1	<u>0,1</u> 9,1	<u>0,1</u> 9,1	<u>0,08</u> 7,3	<u>0,06</u> 5,5	<u>0,06</u> 5,5	<u>1,0</u> 91
13	Окна, $S_{ок} = 17,3 \text{ м}^2$	<u>0,35</u> 6,1	<u>0,35</u> 6,1	<u>0,29</u> 5,0	<u>0,2</u> 3,5	<u>0,14</u> 2,4	<u>0,1</u> 1,7	<u>0,06</u> 1,0	<u>1,0</u> 17,3
14	Двери, $S_{дв} = 2,9 \text{ м}^2$	<u>0,1</u> 0,3	<u>0,1</u> 0,3	<u>0,1</u> 0,3	<u>0,1</u> 0,3	<u>0,08</u> 0,2	<u>0,08</u> 0,2	<u>0,07</u> 0,2	<u>1,0</u> 2,9

Продолжение таблицы 9.6

15	Суммарные эквивалентные площади звукопоглощения ограждающих конструкций после облицовки, $A_2 = \sum \alpha_{ij} S_i, \text{ м}^2$	38,2	106,2	207,2	235,2	236,7	218,3	226,7	338
16	Снижение шума, ΔL , дБ	3	7	11	12	12	12	12	12
17	Ожидаемые уровни звукового давления в помещении планового отдела, $L_{ожид}$, дБ	55	45	54	55	50	48	39	41

В позицию 1 таблицы 10.6 из таблицы 9.4 выписываем уровни звукового давления L , дБ, в помещении планового отдела.

В позицию 2 из санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (приложение 1) выписываем допустимые уровни звукового давления $L_{дон}$ для административно-управленческой деятельности.

На каждой среднегеометрической октавной частоте определяем ΔL – превышение уровней звукового давления в помещении над допустимыми значениями по формуле:

$$\Delta = L - L_{дон}, \quad (9.4)$$

На частоте 63 Гц $\Delta_{63} = 58-79$ – превышения нет.

На частоте 125 Гц $\Delta_{125} = 52-70$ – превышения нет.

На частоте 250 Гц $\Delta_{250} = 65-63 = 2$ дБ.

Результаты расчётов представлены в позиции 3.

Определяем площади ограждающих конструкций помещения:

окна $S_{ок} = m \cdot h_o \cdot b_o = 4 \cdot 2,4 \cdot 1,8 = 17,3 \text{ м}^2$;

двери $S_{дв} = n \cdot h_{дв} \cdot b_{дв} = 1 \cdot 2,4 \cdot 1,2 = 2,9 \text{ м}^2$;

стены $S_{ст} = 2 \cdot (A + B) H - S_{дв} - S_{ок} =$
 $= 2 \cdot (13 + 7) \cdot 3,9 - 2,9 - 17,3 = 135,8 \text{ м}^2$;

потолок $S_{nom} = A \cdot B = 13 \cdot 7 = 91 \text{ м}^2$;

пол $S_{пол} = A \cdot B = 13 \times 7 = 91 \text{ м}^2$.

На каждой среднегеометрической октавной частоте определяем эквивалентные площади звукопоглощения ограждающих конструкций до облицовки по формуле (9.1).

На частоте 63 Гц коэффициент звукопоглощения стен $\alpha_{ij} = 0,01$, площадь стены $S_i = 135,8 \text{ м}^2$.

Эквивалентная площадь звукопоглощения стены: $A_{ij} = 0,01 \cdot 135,8 = 1,4 \text{ м}^2$.

Запись в таблице 9.6 удобно представить в виде дроби: $\frac{\alpha_{ij}}{A_{ij}}$.

На частоте 63 Гц для стен записываем $\frac{0,01}{1,4}$. Результаты расчетов для стен, потолка, пола, окон и дверей представлены соответственно в позициях 4, 5, 6, 7 и 8.

На каждой среднегеометрической октавной частоте определяем суммарные эквивалентные площади звукопоглощения ограждающих конструкций до облицовки A_1 по формуле (9.2).

На частоте 63 Гц

$$A_1 = A_{lcm} + A_{lnom} + A_{lпол} + A_{лок} + A_{лдв} = 1,4 + 0,9 + 9,1 + 6,1 + 0,3 = 17,8 \text{ м}^2.$$

Результаты расчетов представлены в позиции 9.

На каждой среднегеометрической октавной частоте определяем эквивалентные площади звукопоглощения ограждающих конструкций после облицовки по формуле (9.1).

На частоте 63 Гц коэффициент звукопоглощения облицованных стен $\alpha_{ij} = 0,1$, площадь стены $S_i = 135,8 \text{ м}^2$:

$$A_{ij} = 0,1 \cdot 135,8 = 13,6 \text{ м}^2.$$

Так как облицовке подлежат только стены и потолок, коэффициенты звукопоглощения окон, дверей и пола после облицовки не изменились, поэтому остались неизменными эквивалентные площади звукопоглощения этих ограждающих конструкций. Результаты расчетов представлены в позициях 10, 11, 12, 13 и 14.

На каждой среднегеометрической октавной частоте определяем суммарные эквивалентные площади звукопоглощения после облицовки A_2 по формуле (9.2).

На частоте 63 Гц

$$A_2 = A_{2ст} + A_{2ном} + A_{2пол} + A_{2ок} + A_{2дв} = 13,6 + 9,1 + 9,1 + 6,1 + 0,3 = 38,2 \text{ м}^2.$$

Результаты расчетов представлены в позиции 15.

На каждой среднегеометрической октавной частоте определяем снижение шума в помещении по формуле (9.3).

$$\text{На частоте 63 Гц} \quad \Delta L = 10 \cdot \lg(38,2/17,8) = 3 \text{ дБ.}$$

Результаты расчетов, округленные до целых значений, представлены в позиции 16.

На каждой среднегеометрической октавной частоте определяем ожидаемые уровни звукового давления $L_{ожид}$ в помещении после облицовки стен и потолка по формуле:

$$L_{ожид} = L - \Delta L. \quad (9.5)$$

$$\text{На частоте 63 Гц} \quad L_{ожид} = 58 - 3 = 55 \text{ дБ.}$$

Результаты расчетов представлены в позиции 17.

По результатам расчетов представляем спектры шума (рисунок 9.2).

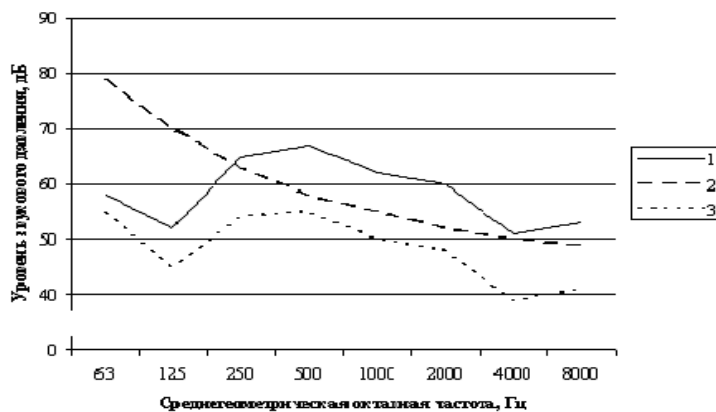


Рисунок 9.2 – Спектры шума:

1 – в помещении планового отдела; 2 – допустимый по СН 2.2.4/2.1.8.562-96; 3 – ожидаемый после облицовки стен и потолка

Контрольные вопросы

1 Что такое звукопоглощение?

2 Как выполняется звукопоглощение помещения?

- 3 Что такое коэффициент звукопоглощения?
- 4 Какие материалы относят к звукопоглощающим?
- 5 Что такое эквивалентная площадь звукопоглощения?
- 6 Какие исходные данные необходимы для расчета эффективности звукопоглощения?
- 7 Какова последовательность расчета эффективности звукопоглощения?

Практическое занятие №10
Расчет заземления в двухслойной земле

Цель практического занятия – ознакомить студентов с назначением, устройством, принципом действия защитного заземления и методикой расчета заземляющих устройств.

Теоретическая часть

Защитное заземление является одной из мер защиты от опасности поражения электрическим током при косвенном прикосновении – электрическом контакте людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ переменного и постоянного токов защитное заземление выполняется при любом режиме нейтрали. В таких сетях для снижения напряжения шага и прикосновения выполняется дополнительная мера защиты – выравнивание потенциалов при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединённых к заземляющему устройству.

Сопротивления заземляющих устройств нормируются «Правилами устройства электроустановок».

При устройстве защитного заземления с целью экономии средств ПУЭ рекомендуют в первую очередь использовать естественные заземлители – (металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в земле металлические трубы водопроводов, другие находящиеся в земле металлические конструкции, кроме трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей, трубопроводов канализации и центрального отопления). При отсутствии естественных заземлителей используют искусственные заземлители.

При расчете заземлителя в двухслойной земле определяют площадь территории заземлителя, суммарную длину горизонтальных электродов L_2 и количество вертикальных – n и их суммарную длину, м.

$$L_g = n \cdot l_g \quad (10.1)$$

Составляют условную модель заземлителя.

Вычисляют:

а) Длину одной стороны модели, равную $\sqrt{S}$, м

б) Количество ячеек по одной стороне модели

$$m = \frac{L_2}{2 \cdot \sqrt{S}} - 1 \quad (10.2)$$

Если m дробное, то округляют до целого и уточняют значение L_2 , м

$$L_2 = 2 \cdot (m + 1) \cdot \sqrt{S} \quad (10.3)$$

в) длину стороны модели b , м

$$b = \frac{\sqrt{S}}{m} \quad (10.4)$$

г) суммарную длину вертикальных электродов L_g

д) Относительную длину погружения в землю вертикальных электродов

$$t_{\text{отн}} = \frac{(l_g + t_g)}{\sqrt{S}} \quad (10.5)$$

е) Относительную длину верхней части

$$l_{\text{отн}} = \frac{(h_1 - t_g)}{l_g} \quad (10.6)$$

ж) Расчетное эквивалентное сопротивление земли

$$\rho_3 = \rho_2 \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^k$$

ρ_1, ρ_2 – удельные сопротивления верхнего и нижнего слоев земли, Ом м

k – показатель степени.

$$\text{При } 1 < \rho_1 / \rho_2 < 10 \quad k = 0,43 \cdot \left(l_{\text{отн}} + 0,272 \cdot \ln \cdot \frac{a \cdot \sqrt{2}}{l_g} \right)$$

$$\text{При } 0 \leq \rho_1 / \rho_2 \leq 1 \quad k = 0,32 \cdot \left(1 + 0,26 \cdot \ln \cdot \frac{h_1}{l_g} \right)$$

h_1 – толщина верхнего слоя земли

l_g – длина вертикального электрода

a – расстояние между вертикальными электродами.

Вычисляют искомое расчетное сопротивление R , Ом:

$$R = A \cdot \frac{\rho}{\sqrt{S}} + \frac{\rho}{L_z + n \cdot l_g} \quad (10.7)$$

$$A = 0,444 - 0,84 \cdot t_{отн} \text{ при } 0 \leq t_{отн} \leq 0,1$$

$$A = 0,385 - 0,25 \cdot t_{отн} \text{ при } 0,1 \leq t_{отн} \leq 0,5$$

затем вычисляют потенциал заземлённого устройства в аварийный период, этот потенциал не должен превышать 10 кВ.

$$\varphi_{з,у} = I_z \cdot R_{з,у} \quad (10.8)$$

Задача 1. Рассчитать заземлитель подстанции 110/35/6 кВ в двухслойной земле методом наведенных потенциалов по допустимому сопротивлению.

Исходные данные:

1) подстанция понижающая, имеет два трансформатора 110/35/6 кВ с эффективно заземленной нейтралью со стороны 110 кВ; для питания собственных нужд имеется трансформатор 6/0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью со стороны низшего напряжения, распределительные устройства 110 и 35 кВ открытого типа, 6 кВ — закрытого (рисунок 6.1 а)

2) территория подстанции занимает площадь $S = 6300 \text{ м}^2$;

3) заземлитель предполагается выполнить из горизонтальных полосовых электродов сечением $4 \times 40 \text{ мм}^2$ и вертикальных стержневых электродов длиной $l = 5 \text{ м}$, диаметром $d = 12 \text{ мм}$; глубина заложения электродов в землю $t = 0.8 \text{ м}$;

4) расчетные удельные сопротивления верхнего и нижнего слоев земли $\rho_1 = 230 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, $\rho_2 = 230 \text{ Ом} \cdot \text{м}$; мощность верхнего слоя земли $h_1 = 2.8 \text{ м}$;

5) в качестве естественного заземлителя предполагается использовать систему трос-опоры двух подходящих к подстанции воздушных линий электропередачи 110 кВ на металлических опорах с длиной пролета $l = 250 \text{ м}$; каждая линия имеет один стальной грозозащитный трос сечением $s = 50 \text{ мм}^2$; расчетное (с учетом сезонных колебаний) сопротивление заземления одной опоры $r_{он} = 12 \text{ Ом}$; число опор с тросом на каждой линии больше 20; данные измерений сопротивления системы трос-опоры отсутствуют;

б) расчетный ток замыкания на землю на стороне 110 кВ составляет 5 кА, на стороне 35 кВ – 40 А, на стороне 6 кВ – 30 А.

Решение

Сопротивление заземлителя растеканию тока R_z согласно требованиям ПУЭ должно быть не более 0,5 Ом.

Сопротивление естественного заземлителя для двух линий R_e :

$$R_e = \frac{1}{2} \sqrt{r_{on} \cdot \frac{0,15 \cdot l}{s \cdot n}} = \frac{1}{2} \sqrt{12 \cdot \frac{0,15 \cdot 250}{50 \cdot 1}} = 1,5 \text{ Ом.}$$

Требуемое сопротивление искусственного заземлителя R_u получим с учетом того, что $R_e = 1,5$ и $R_z = 0,5$ Ом:

$$R_u = \frac{1,50 \cdot 0,5}{1,50 - 0,5} = 0,75 \text{ Ом.}$$

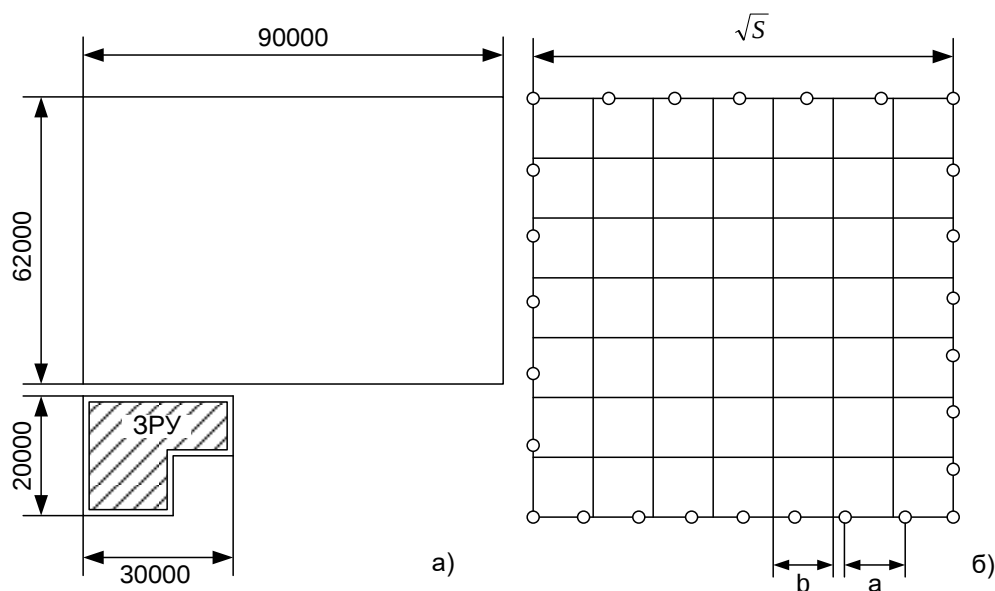


Рисунок 10.1 – Предварительная схема (а) и расчетная модель (б).

Составляем предварительную схему заземлителя и наносим ее на план подстанции, приняв контурный (распределенный) тип заземлителя, т. е. в виде сетки из горизонтальных полосовых и вертикальных стержневых (длиной $l = 5$ м) электродов. Вертикальные электроды размещаем по периметру заземлителя (рисунок 10.1 а). По предварительной схеме определяем суммарную длину горизонтальных и количество вертикальных электродов:

$$L_z = 1310 \text{ м; } n = 32 \text{ шт.}$$

Составляем расчетную модель заземлителя в виде квадратной сетки площадью $S = 6300 \text{ м}^2$. Длина одной стороны ее будет $\sqrt{S} = 80 \text{ м}$ (рисунок 10.1 б)

Количество ячеек по одной стороне модели:

$$m = \frac{1310}{2 \cdot 80} - 1 = 7,25$$

Принимаем $m = 7$.

Уточняем суммарную длину горизонтальных электродов:

$$L_z = 2 \cdot (7 + 1) \cdot 80 = 1280 \text{ м.}$$

Длина стороны ячейки в модели:

$$b = \frac{80}{7} = 11,4 \text{ м.}$$

Расстояние между вертикальными электродами:

$$a = 4 \cdot \frac{80}{32} = 10 \text{ м.}$$

Суммарная длина вертикальных электродов:

$$L_g = 32 \cdot 5 = 160 \text{ м.}$$

Относительная глубина погружения в землю вертикальных электродов:

$$t_{отн} = \frac{(5 + 0,8)}{80} = 0,0725$$

Относительная длина:

$$t_{отн} = \frac{(2,8 - 0,8)}{5} = 0,4$$

Расчетное эквивалентное удельное сопротивление грунта ρ_3 .

Предварительно находим значения ρ_1 / ρ_2 и k :

$$\rho_1 / \rho_2 = \frac{230}{80} = 2,87$$

Поскольку $1 < \rho_1 / \rho_2 < 10$, значение k :

$$k = 0,43 \cdot \left(0,4 + 0,272 \cdot \ln \cdot \frac{10 \cdot \sqrt{2}}{5} \right) = 0,294$$

Теперь определяем ρ_3 :

$$\rho_3 = \rho_2 \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^k = 80 \cdot \left(\frac{230}{80} \right)^{0,294} = 80 \cdot P$$

Находим значение P :

$$\ln P = 0,294 \cdot \ln 2,87 = 0,31 \quad P = 1,36$$

Следовательно, $\rho_3 = 80 \cdot 1,36 = 108 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Вычисляем расчетное сопротивление R рассматриваемого искусственного заземлителя. Предварительно находим коэффициент A , поскольку $0 < t_{\text{отн}} < 0,1$:

$$A = 0,444 - 0,84 \cdot t_{\text{отн}} = 0,444 - 0,84 \cdot 0,0725 = 0,4$$

Тогда

$$R = A \cdot \frac{\rho_3}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_3}{L_2 + L_6} = 0,4 \cdot \frac{108}{80} + \frac{108}{1280 + 160} = 0,62 \text{ Ом}.$$

Это значение R практически совпадает с требующимся сопротивлением искусственного заземлителя (0,75 Ом); некоторая разница допустима, тем более что в данном случае она повышает условия безопасности.

Общее сопротивление заземлителя подстанции (с учетом сопротивления естественного заземлителя)

$$R_3 = \frac{R \cdot R_e}{R + R_e} = \frac{0,62 \cdot 1,5}{0,62 + 1,5} = 0,44 \text{ Ом}.$$

Определяем потенциал заземляющего устройства в аварийный период

$$\varphi_{3,y} = I_3 \cdot R_3 = 5000 \cdot 0,44 = 2200 \text{ В}.$$

Этот потенциал допустим, так как он меньше 10 кВ.

Таким образом, искусственный заземлитель подстанции должен быть выполнен из горизонтальных пересекающихся полосовых электродов сечением $4 \times 40 \text{ мм}^2$ общей длиной не менее 1280 м и вертикальных стержневых в количестве не менее 32 шт. диаметром 12 мм, длиной по 5 м, размещенных по периметру заземлителя по возможности равномерно, т. е. на одинаковом расстоянии один от другого; глубина погружения электродов в землю 0,8 м. При этих условиях сопротивление R_u искусственного заземлителя в самое неблагоприятное время года не будет превышать 0,62 Ом, а сопротивление заземлителя подстанции в целом R_3 , т. е.

общее сопротивление искусственного и естественного заземлителей, будет не более 0,5 Ом.

Таблица 10.7 – Варианты заданий

№ вар	t , м	ρ_1 Ом	ρ_2 Ом	l , м	r_{on} , Ом	$I_{к1}$, кА	$I_{к2}$, кА	$I_{к3}$, кА
1	0,8	230	80	250	10	5	40	30
2	0,7	220	75	245	11	4,5	35	25
3	0,6	210	70	240	12	4	30	20
4	0,8	230	70	235	13	5	35	25
5	0,7	210	75	230	14	4,5	40	30
6	0,6	230	80	225	15	4	35	25
7	0,8	220	75	220	10	4,5	30	20
8	0,7	210	80	215	11	5	35	25
9	0,6	230	70	210	12	5,5	40	30
10	0,6	220	75	230	15	4	35	25

Практическое занятие 11

Назначение и устройство защитного заземления

Цель практического занятия – ознакомить студентов с назначением, устройством, принципом действия защитного заземления и методикой расчета заземляющих устройств.

Теоретическая часть

Назначение, принцип действия, устройство защитного заземления

Защитное заземление является одной из мер защиты от опасности поражения электрическим током при косвенном прикосновении – электрическом контакте людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением.

К открытым проводящим частям «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ) относят доступные прикосновению части электроустановок, которые могут проводить электрический ток, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции (корпуса электрических машин, аппаратов, светильников, каркасы распределительных щитов, трубы электропроводки и т.д.).

В соответствии с ГОСТ 12.1.038-82(2001) [18] защита от опасности косвенного прикосновения может быть обеспечена либо за счёт снижения напряжения прикосновения (защитное заземление, выравнивание потенциалов), либо за счёт ограничения времени воздействия тока (защитное зануление, защитное автоматическое отключение питания).

Заземление – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

Заземляющее устройство – это совокупность заземлителей и заземляющих проводников (рисунок 11.1).

Заземлитель – проводящая часть или совокупность соединённых между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землёй непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

Заземляющий проводник – проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

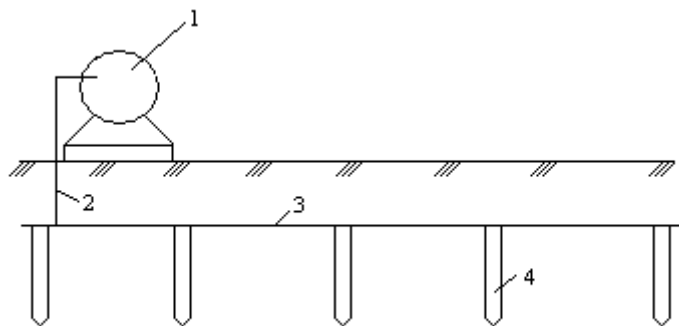


Рисунок 11.1 – Заземляющее устройство:

1 – заземляемая часть (открытая проводящая часть); 2 – заземляющий проводник; 3 – соединительная полоса; 4 – заземлитель

По назначению различают: рабочее заземление, защитное заземление, повторное заземление нулевого провода, заземление молниезащиты и т.д.

Защитное заземление – заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

При напряжении до 1 кВ защитное заземление выполняется в электроустановках системы *IT*. Первая буква в этих обозначениях показывает состояние нейтрали: *I* – изолированная нейтраль. Вторая буква – состояние открытых проводящих частей относительно земли: *T* – открытые проводящие части заземлены.

Система *IT* – система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление (например, пробивной предохранитель), а открытые проводящие части электроустановки заземлены. Это трёхфазные трёхпроводные сети с изолированной нейтралью источника питания переменного тока (рисунок 11.2)

К системе *IT* относятся также однофазные двухпроводные изолированные от земли сети переменного тока (рисунок 11.3) и двухпроводные с изолированной средней точкой источника постоянного тока.

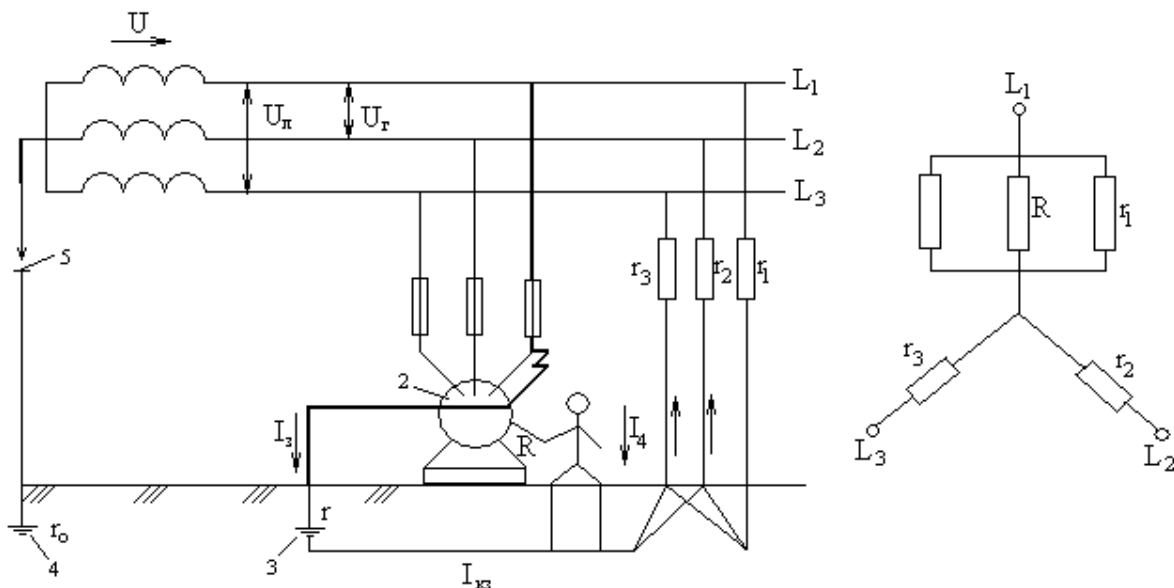


Рисунок 11.2 – Защитное заземление и схема замещения в трёхфазной трёхпроводной сети с изолированной нейтралью источника питания переменного тока:

1 – источник питания; 2 – открытая проводящая часть; 3 – защитное заземление; 4 – рабочее заземление; 5 – пробивной предохранитель

При защитном заземлении переход напряжения на открытые проводящие части сопровождается протеканием тока через заземляющее устройство и последовательно включённые сопротивления изоляции неповреждённых фазных проводов относительно земли (на рисунках 11.2 и 11.3 жирно выделенные участки). В результате протекания тока напряжение сети перераспределяется между сопротивлениями защитного заземления и сопротивлениями изоляции неповреждённых фаз. Сопротивление защитного заземления выполняется достаточно малым по сравнению с сопротивлениями изоляции фазных проводов относительно земли. Величина сопротивления защитного заземления выбирается таким, чтобы падение напряжения на заземляющем устройстве не превышало допустимых значений. Таким образом, защитное заземление снижает напряжение открытых проводящих частей относительно земли, напряжение, приложенное к телу человека (напряжение прикосновения), следовательно, и ток через него до допустимых значений. Снижение напряжения достигается за счёт

последовательного включения малого по величине сопротивления заземляющего устройства с высокими сопротивлениями изоляции фазных проводов относительно земли (рисунки 11.2 и 11.3).

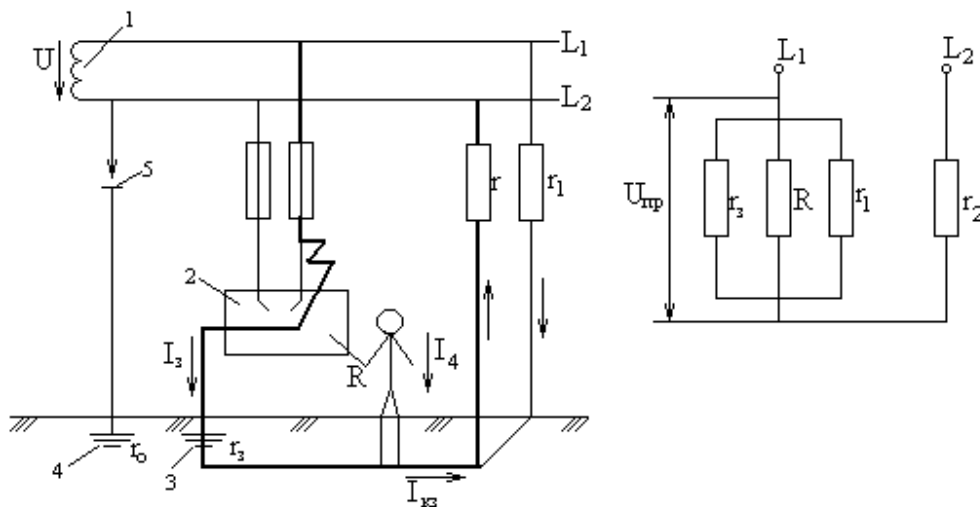


Рисунок 11.3 – Защитное заземление и схема замещения в однофазной двухпроводной изолированной от земли сети переменного тока:

1 – источник питания; 2 – открытая проводящая часть; 3 – защитное заземление; 4 – рабочее заземление; 5 – пробивной предохранитель

В электроустановках напряжением выше 1 кВ переменного и постоянного токов защитное заземление выполняется при любом режиме нейтрали или средней точки источника тока. В таких сетях для снижения напряжения шага и прикосновения выполняется дополнительная мера защиты – выравнивание потенциалов при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединённых к заземляющему устройству.

Сопротивления заземляющих устройств нормируются «Правилами устройства электроустановок». Нормированные значения сопротивлений заземляющих устройств представлены в таблице 11.1.

При устройстве защитного заземления с целью экономии средств ПУЭ рекомендуют в первую очередь использовать естественный заземлитель – стороннюю проводящую часть, находящуюся в электрическом контакте с землёй непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемую

для целей заземления (металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в земле металлические трубы водопроводов, другие находящиеся в земле металлические конструкции, кроме трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей, трубопроводов канализации и центрального отопления). При отсутствии естественных заземлителей используют искусственные заземлители.

Таблица 11.1 – Нормированные значения сопротивлений заземляющих устройств в электроустановках напряжением до 1 кВ и выше

Нормированное значение заземляющего устройства, Ом	Характеристика электроустановок
$r_3 \leq \frac{50}{I_3}$, не требуется принимать менее 4 Ом	Для всех электроустановок напряжением до 1 кВ и мощностью источника более 100 кВ·А
$r_3 \leq \frac{50}{I_3}$, не требуется принимать менее 10 Ом	Только для электроустановок напряжением до 1 кВ и мощностью источника до 100 кВ·А. При параллельной работе трансформаторов и генераторов 10 Ом допускается при суммарной их мощности не более 100 кВ·А
$r_3 \leq 4$ $r_3 \leq \frac{125}{I_3}$	Если заземляющее устройство является общим для электроустановок напряжением до 1 кВ и выше, при расчётном токе замыкания на землю $I_3 \leq 500$ А
$r_3 \leq 10$ $r_3 \leq \frac{250}{I_3}$	Если заземляющее устройство используется только для электроустановок напряжением свыше 1 кВ, при расчётном токе замыкания на землю $I_3 \leq 500$ А
$r_3 \leq 0.5$	Для электроустановок напряжением выше 1 кВ и расчётном токе замыкания на землю $I_3 > 500$ А

Примечание: при удельном сопротивлении грунта $\rho > 500$ Ом·м указанные значения сопротивлений заземляющих устройств могут быть увеличены в 0.002ρ раз, но не более 10 раз

Основным параметром, характеризующим заземляющее устройство, является сопротивление растеканию тока. Сопротивление растеканию тока складывается из сопротивления заземляющих проводников, заземлителей и земли. Сопротивление металлических проводников очень мало, поэтому основное сопротивление растеканию оказывает земля. При расчётах сопротивление земли условно относят к заземлителю.

Сопротивление растеканию искусственных заземлителей зависит от формы и геометрических размеров заземлителей, удельного сопротивления грунта и его состояния, глубины заложения и способа размещения заземлителей (в ряд или по контуру).

В качестве вертикальных заземлителей используются уголкового типа сталь или стальные трубы длиной 2,5–3 м. Расчёты показывают, что увеличение длины электродов сверх 3 м не даёт заметного уменьшения сопротивления растеканию. Заземлители длиной более 3 м выполняют из стальных стержней.

Сечение заземлителей выбирается по механической прочности, термической устойчивости и условий работы в коррозионной среде.

Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле, представлены в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле (извлечение из ПУЭ, 7-е издание)

Материал	Профиль сечения	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Толщина стенки, мм
Сталь чёрная	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей	16	-	-
	для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	прямоугольный	-	100	4
	угловой	-	100	4
Сталь оцинкованная	трубный	32	-	3,5
	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей	12	-	-
	для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	прямоугольный	-	75	3
	трубный	25	-	2

Заземлители могут располагаться в ряд и по контуру. При размещении заземлителей по контуру обеспечивается лучшее выравнивание потенциалов, но в этом случае будет иметь место большее взаимное экранирование заземлителей.

Заземлители могут располагаться у поверхности земли или на некоторой глубине. Обычно это глубина промерзания грунта. Для стационарных заземляющих устройств предпочтительнее закладывать заземлители на глубину

0,5 – 0,8м (рисунок 11.4), что исключает резкие колебания удельного сопротивления грунта в месте расположения заземлителей при его промерзании или высыхании.

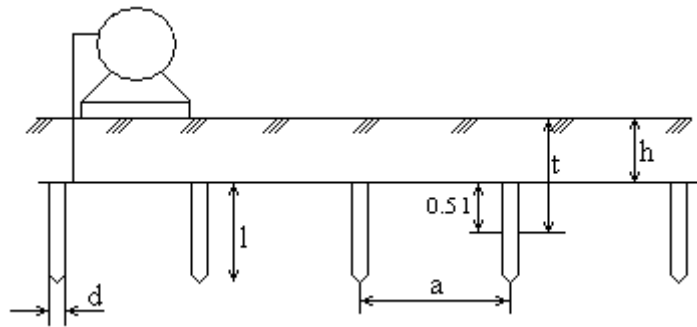


Рисунок 11.4 – К расчёту заземляющего устройства:

d – диаметр заземлителя (эквивалентный диаметр при уголковой стали);
 l – длина заземлителя; a – расстояние между заземлителями; h – глубина заложения заземлителя; t – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя

Сопротивление растеканию одиночного вертикального заземлителя, расположенного на некоторой глубине в однородном грунте определяется по формуле

$$R_g = 0,366 \cdot \rho \cdot \left(\lg \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) + 0,5 \cdot \lg \left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \right) / l, \quad (11.1)$$

где R_g – сопротивление растеканию тока вертикального заземлителя, Ом;

l – длина заземлителя, м; d – диаметр заземлителя, м;

t – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м;

ρ – расчётное удельное сопротивление грунта, Ом · м;

$$\rho = \psi_1 \cdot \rho_{изм} \quad (11.2)$$

где: $\rho_{изм}$ – измеренное удельное сопротивление грунта, Ом · м (таблица 11.2);

ψ_1 – коэффициент сезонности для вертикальных заземлителей, учитывающий увеличение удельного сопротивления грунта при его промерзании или высыхании (таблица 11.3).

Таблица 11.2 – Приближённые значения удельных сопротивлений грунтов и воды $\rho_{изм}$, Ом·м

Наименование грунтов	Пределы колебаний	Рекомендуемые для предварительных расчётов
Глина	8–70	40
Суглинок	40–150	100
Торф	10–30	20
Чернозём	10–50	20
Садовая земля	30–60	40
Песок	400–700	700
Супесок	150–400	300
Речная вода	10–80	50
Морская вода	0,2–1	1
Известняк пористый	150–200	200
Гравий, щебень	4000–7000	5000

Для заземлителей из уголкового стали в формулу (11.1) подставляют эквивалентный диаметр уголка:

$$d = d_{экв} = 0,95 \cdot c, \quad (11.3)$$

где c – ширина полки уголка, м; $d_{экв}$ – эквивалентный диаметр уголка, м.

Таблицы 11.3 – Признаки климатических зон и приближённые значения коэффициента ψ

Данные, характеризующие климатические зоны и тип применяемых контрольных электродов	Климатические зоны			
	1-я	2-я	3-я	4-я
1. Климатические признаки зон: - средняя многолетняя низшая температура (январь), °С : - средняя многолетняя высшая температура (июль), °С :	от -20 до -15 от +16 до +18	от -14 до -10 от +18 до +22	от -10 до 0 от +22 до +24	от 0 до +5 от +24 до +26

Продолжение таблицы 11.3

- среднегодовое количество осадков, см: - продолжительность замерзания вод, дней: 2. Значения коэффициентов, ψ : ψ_1 - при применении стержневых электродов длиной	~40 190–170 1,8–2	~50 ~150 1,5–1,8	~50 ~100 1,4–1,6	30-50 0 1,2–1,4
---	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------

2-3м и глубине заложения их вершины 0,5-0,8м: ψ_2 - при применении протяжных электродов и глубине заложения 0,8м:	4,5–7,0	3,5–4,5	2,0–2,5	1,5–2,0
---	---------	---------	---------	---------

Примечание: Примерное распределение регионов по климатическим зонам:

- 1 зона – Архангельская, Кировская, Омская, Новосибирская области, Урал;
- 2 зона – Ленинградская, Вологодская области, центральные районы России;
- 3 зона – Новгородская, Смоленская, Брянская, Курская, Ростовская области;
- 4 зона – Краснодарский и Ставропольские края, Астраханская область.

Расчёты показывают, что сопротивление растеканию одного вертикального заземлителя значительно превышает допустимое значение.

Необходимое число заземлителей определяется по формуле:

$$n = \frac{R_6}{r_3 \cdot \eta_6}, \quad (11.4)$$

где n – необходимое число вертикальных заземлителей, ед.; r_3 – допустимое сопротивление заземляющего устройства, Ом (таблица 11.1); η_6 – коэффициент использования вертикальных заземлителей, учитывающий взаимное экранирование (таблицы 11.4 и 11.5).

Сопротивление растеканию горизонтального полосового заземлителя R_n определяется по формуле:

$$R_r = 0,366 \cdot \rho \cdot \lg \left(\frac{2 \cdot L^2}{b \cdot h} \right) / L, \quad (11.5)$$

где L – длина полосы, м; b – ширина полосы (если заземлитель круглый, то $b=2 \cdot d$, где d – диаметр прутка), м; h – глубина заложения заземлителя, м; ρ – расчётное удельное сопротивление грунта, Ом·м.

$$\rho = \psi_2 \cdot \rho_{изм}, \quad (11.6)$$

где: ψ_2 – коэффициент сезонности для горизонтальных заземлителей (таблица 11.3).

Длина полосы определяется в зависимости от способа размещения заземлителей:

при размещении заземлителей в ряд по формуле:

$$L = a \cdot (n - 1), \quad (11.7)$$

при размещении заземлителей по контуру по формуле:

$$L = a \cdot n, \quad (11.8)$$

где $a = (1...3) \cdot l$ – расстояние между заземлителями, м.

Сопротивление заземляющего устройства R_{cl} с учётом сопротивлений растеканию вертикальных заземлителей и соединительных полос определяется по формуле:

$$R_{cl} = \frac{R_z \cdot R_6}{n \cdot R_6 \cdot \eta_6 + R_z \cdot \eta_z}, \quad (11.9)$$

где η_z – коэффициент использования соединительной горизонтальной полосы (таблицы 11.4 и 11.7).

Таблица 11.4 – Коэффициенты использования η_u соединительной полосы в ряду из труб или уголков.

Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине, a/l	Число труб (уголков) в ряду n							
	4	5	8	10	20	30	50	65
1	0,77	0,74	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21	0,20
2	0,89	0,86	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36	0,34
3	0,92	0,90	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49	0,47

Таблица 11.5 – Коэффициенты использования η_u заземлителей из труб или уголков, размещённых в ряд без учёта влияния полосы связи

Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине a/l	Число труб (уголков) n	Значение η_6
1	2	0,84–0,87
	3	0,76–0,80
	5	0,67–0,72

	10	0,56–0,62
	15	0,51–0,56
	20	0,47–0,50
1	2	3
2	2	0,90–0,92
	3	0,85–0,88
	5	0,79–0,83
	10	0,72–0,77
	15	0,66–0,73
	20	0,65–0,70
3	2	0,93–0,95
	3	0,90–0,92
	5	0,85–0,88
	10	0,79–0,83
	15	0,76–0,80
	20	0,74–0,79

Таблица 11.6 – Коэффициенты использования η_u заземлителей из труб или уголков, размещённых по контуру без учёта влияния полосы связи

Отношение расстояния между трубами (уголками) к их длине a/l	Число труб (уголков) n	Значение η_u
1	4	0,66–0,72
	6	0,58–0,65
	10	0,52–0,58
	20	0,44–0,50
	40	0,38–0,44
	60	0,36–0,42
	100	0,33–0,39
2	4	0,76–0,80
	6	0,71–0,75
	10	0,66–0,71
	20	0,61–0,66
	40	0,55–0,61
	60	0,52–0,58
	100	0,49–0,55
3	4	0,84–0,80
	6	0,78–0,82
	10	0,74–0,78
	20	0,68–0,73
	40	0,64–0,69
	60	0,62–0,67

Таблица 11.7 – Коэффициенты использования η_u соединительной полосы в контуре из труб или уголков.

Отношение расстояния между заземлителями к длине трубы a/l	Число труб (уголков) в ряду n								
	4	6	8	10	20	30	50	70	100

1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21	0,20	0,19
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24
3	0,70	0,64	0,60	0,60	0,45	0,41	0,37	0,35	0,33

Приведённая выше методика расчёта приемлема для расчёта заземляющих устройств любого назначения.

Исходные данные для расчёта заземляющего устройства

- 1 Характеристика электроустановки для определения допустимого значения заземляющего устройства.
- 2 Размеры вертикальных и горизонтальных заземлителей.
- 3 Наименование грунта и климатическая зона.
- 4 Способ размещения заземлителей (в ряд или по контуру).

Последовательность расчёта

- 1 Определяется допустимое сопротивление заземляющего устройства.
- 2 Определяется сопротивление растеканию вертикального заземлителя.
- 3 Определяется число вертикальных заземлителей.
- 4 Определяется длина соединительной полосы.
- 5 Определяется сопротивление растеканию горизонтальной соединительной полосы.
- 6 Определяется сопротивление сложного заземляющего устройства.
- 7 По результатам расчёта даётся заключение о соответствии сопротивления заземляющего устройства требованиям ПУЭ.

Пример расчёта: Рассчитать защитное заземление потребителей электрической энергии, питающихся от сети трёхфазного переменного тока с изолированной нейтралью (система *IT*).

Исходные данные:

- напряжение $U = 380/220$ В;

- мощность источника питания $S = 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}$;
- заземлитель – труба диаметром $d = 0,06 \text{ м}$, длиной $l = 3 \text{ м}$;
- глубина заложения заземлителей $h = 0,8 \text{ м}$;
- ширина соединительной полосы $b = 0,04 \text{ м}$;
- грунт суглинок;
- климатическая зона 3;
- заземлители расположены по контуру.

1 Определяем нормированное значение сопротивления заземляющего устройства. В соответствии с требованиями ПУЭ (таблица 11.1) при напряжении до 1 кВ и мощности источника питания не более 100 кВ·А сопротивление защитного заземления принимаем $r_z = 10 \text{ Ом}$.

2 Определяем сопротивление растеканию вертикального заземлителя по формуле 11.1:

$$R_g = 0,366 \cdot \rho \cdot \left(\left(\lg \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) + 0,5 \cdot \lg \frac{(4 \cdot t + l)}{(4 \cdot t - l)} \right) \right) / l$$

Расчётное удельное сопротивление грунта по формуле 11.2: $\rho = \psi_1 \cdot \rho_{изм}$.

Для суглинка по таблице 11.2 принимаем: $\rho_{изм} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Коэффициент сезонности для вертикальных заземлителей, расположенных в 3-й климатической зоне, по таблице 11.3 принимаем:

$$\psi_1 = 1,5 \cdot \rho = 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Расстояние от поверхности земли до середины заземлителя (рисунок 11.4):

$$t = h + 0,5 \cdot l;$$

$$t = 0,8 + 0,5 \cdot 3 = 2,3 \text{ м};$$

$$R_g = 0,366 \cdot 150 \cdot \left(\left(\lg \left(\frac{2 \cdot 3}{0,06} \right) + 0,5 \cdot \lg \frac{(4 \cdot 2,3 + 3)}{(4 \cdot 2,3 - 3)} \right) \right) / 3 = 39,3 \text{ Ом}.$$

3 Определяем число заземлителей по формуле 11.4:

$$n = \frac{R_g}{r_z \cdot \eta_g}$$

Принимаем: $\eta_e = 1$ $n = \frac{39}{10 \cdot 1} = 3,9$ шт.

Принимая $\frac{a}{l} = 2$ для заземлителей, расположенных по контуру, при $n = 4$ по таблице 11.5 принимаем:

$$\eta_e = 0,75.$$

Уточняем расчётное значение числа заземлителей

$$n = \frac{39}{10 \cdot 0,75} = 5,2 \text{ шт},$$

принимаем $n = 6$ при $\eta_e = 0,75$.

4 Определяем сопротивление растеканию соединительной горизонтальной полосы по формуле 11.5:

$$R_r = 0,366 \cdot \rho \cdot \lg(2L^2/b \cdot h)/L.$$

Длина соединительной полосы при расположении заземлителей по контуру по формуле 11.8

$$L = a \cdot n.$$

Расстояние между заземлителями при $\frac{a}{l} = 2$, $a = l \cdot 2$, $a = 3 \cdot 2 = 6$ м.

$$L = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}$$

Расчётное удельное сопротивление грунта по формуле 11.6:

$$\rho = \psi_2 \cdot \rho_{изм}.$$

Коэффициент сезонности для горизонтальных протяжных заземлителей, расположенных в 3-й климатической зоне, по таблице 11.3 принимаем:

$$\psi_2 = 2,3;$$

$$\rho = 2,3 \cdot 100 = 230 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$R_r = 0,366 \cdot 230 \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot 36^2}{0,04 \cdot 0,8}\right) / 36 = 11,5 \text{ Ом}.$$

5 Определяем сопротивление растеканию сложного заземляющего устройства по формуле 11.9:

$$R_{сл} = \frac{R_z \cdot R_g}{n \cdot R_g \cdot \eta_g + R_z \cdot \eta_z}$$

Коэффициент использования соединительной полосы, расположенной в контуре при $n = 6$ по таблице 11.7: $\eta_u = 0,48$;

$$R_{cl} = \frac{11,5 \cdot 39,3}{6 \cdot 11,5 \cdot 0,75 + 39,3 \cdot 0,48} = 6,4 \text{ Ом.}$$

1.6 Сопротивление растеканию сложного заземляющего устройства не превышает нормированного значения.

$$R_{cl} = 6,4 \text{ Ом} < r_3 = 10 \text{ Ом.}$$

Контрольные вопросы

- 1 С какой целью выполняется защитное заземление?
- 2 В электроустановках каких систем предусматривается защитное заземление?
- 3 Как расшифровывается система IT?
- 4 Поясните принцип действия защитного заземления.
- 5 Как нормируется сопротивление заземляющего устройства?
- 6 Что такое сопротивление растеканию тока?
- 7 Что учитывает коэффициент сезонности?
- 8 С какой целью в расчётах заземляющих устройств вводится коэффициент использования заземлителей?
- 9 Какие исходные данные необходимы для расчёта заземляющих устройств?
- 10 Последовательность расчёта заземляющего устройства.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. / Под ред. проф. Э.А. Арустамова – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013 – 448 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Под ред. Мاستрюков Б. М., изд-во Академия, 2012, 304 с.
3. Сапронов Ю.Г., Сыса А.Б. Шахбазян В.В. Безопасность жизнедеятельности. Изд-во Академия, 2012, 320 с.
4. Бондин В.И., Семехин Ю.Г. Безопасность жизнедеятельности. Изд-во Инфра-М, АкадемЦентр, 2011, 352 с.
5. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / Мар.гос.ун-т; И.Г. Воробьева. – Йошкар-Ола, 2011. – 276 с.
6. Графкина М.В., Нюнин Б. Н., Михайлов В.А. Безопасность жизнедеятельности. Изд-во: Форум, Инфра-М, 2013, 416 с.
7. Казаков Н.П. Якубовская Н.А. Безопасность жизнедеятельности. Обеспечение безопасности в туризме. Изд-во Академия., 2011, 240 с.
8. Каракеян В.И., Никулина И.М. Безопасность жизнедеятельности. Изд-во Юрайт, 2012, 464 с.
9. Косолапова Н.В., Прокопенко Н.А., Побежимова Е.Л. Безопасность жизнедеятельности. Изд-во Академия, 2012, 288 с.
10. Сапронов Ю.Г., Сыса А.Б. Шахбазян В.В. Безопасность жизнедеятельности. Изд-во Академия, 2012, 320 с.
11. Сапронов Ю.Г. Безопасность жизнедеятельности. Изд-во Академия, 2012, 336 с.
12. Сапронов Ю.Г. Безопасность жизнедеятельности. Изд-во Академия, 2012, 336 с.
13. Безопасность жизнедеятельности. учебник для студентов высших учебных заведений. / [Л.А. Михайлов, В.М Губанов, В.П. Соломин и др.]; под

ред. Л.А. Михайлова. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.

14 Губанов, В.П. Соломин и др.]; Безопасность жизнедеятельности. под ред. Л.А. Михайлова. –М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.

15 Лобачев А.И. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. – М.: Юрайт - Издат, 2008. – 360 с.

16 Абрамов В.В. Безопасность жизнедеятельности. Изд-во СПбГУП, 2010, 456 с.

17 Басаков М.И. Охрана труда (безопасность жизнедеятельности в условиях производства): Учебно-практическое пособие. – Москва: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2003. – 400 с.

18 Девисилов В.А. Охрана труда. Изд-во: Форум, 2010, 512 с.

19 Карнаух Н.Н. Охрана труда. Изд-во: Юрайт, 2011, 384 с.

20 <http://www.alleng.ru/d/saf/saf13.htm> .– Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие под ред. Э. А. Арустамова, 2006 .

21 Скляр Н.Е., Рузняев Е.С. Электробезопасность. Учебное пособие для студентов по курсу “Электробезопасность”. М.: Академия. 2008.–168с.

22 Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Справочно-методическое пособие по изучению и применению «Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок» ПОТ РМ-016-2001 (с изменениями и дополнительными материалами). Девятое издание, испр. и дополн. – СПб.: НОУ ДПО «УМИТ «ЭлектроСервис», 2009 -224 с.

23 Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Опасность поражения человека электрическим током и порядок оказания первой помощи при несчастных случаях на производстве: Практическое руководство. – Десятое издание, испр. и дополн. – СПб.: НОУ ДПО «УМИТЦ «ЭлектроСервис», 2010 -84 с.

24 Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Виды защит, обеспечивающие безопасность эксплуатации электроустановок (в трех частях). Часть 1. Общие требования. Основная защита. Справочное пособие. – Шестое издание, испр. и дополн. – СПб.: НОУ ДПО «УМИТЦ «ЭлектроСервис», 2010 - 108с.

25 Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Виды защит, обеспечивающие

безопасность эксплуатации электроустановок (в трех частях). Часть 2. Защита при косвенном прикосновении. Дополнительная защита. Справочное пособие. – Шестое издание, испр. и дополн. – СПб.: НОУ ДПО «УМИТЦ «ЭлектроСервис», 2010 - 108с.

26 Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Виды защит, обеспечивающие безопасность эксплуатации электроустановок (в трех частях). Часть 3. Защита при нарушении режимов работы ЭУ. Справочное пособие. – Шестое издание, испр. и дополн. – СПб.: НОУ ДПО «УМИТЦ «ЭлектроСервис», 2010 - 108с

27 Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Инструктивные материалы по оказанию первой помощи при поражении человека электрическим током и других несчастных случаях на производстве. Практическое руководство. – Шестое издание, испр. и дополн. – СПб.: НОУ ДПО «УМИТЦ «Электро-Сервис», 2009. - 36с.

28 Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Защитное заземление и защитное зануление электроустановок: Справочник. – СПб.: Политехника, 2005. – 400с.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Методические указания

по организации самостоятельных работ обучающихся
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов направления подготовки /
специальности
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) Электроснабжение

Мустафаев Х.М., Мартусенко В.Е. «Безопасность жизнедеятельности: методические указания по организации самостоятельной работы. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2025 – 30 с.

В настоящем учебном пособии приведены методика и порядок проведения самостоятельной работы студентов по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности». Оно содержит план-график выполнения самостоятельной работы, контрольные точки и виды отчетности по ним. Приведены рекомендации по организации работы с литературой, вопросы и задания для самоконтроля, методические указания по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины, и список рекомендуемой литературы. Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и программой дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» и предназначено для студентов очной и заочной формы обучения направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины	7
План-график выполнения самостоятельной работы	10
Методические рекомендации по изучению теоретического материала	15
Методические рекомендации по выполнению курсового проекта (контрольной работы)	17
Методические указания по подготовке к семинарским (практическим, лабораторным) занятиям	30
Методические указания по подготовке к экзамену (зачету)	31
Список рекомендуемой литературы	33
	38

Введение

Самостоятельная работа является внеаудиторной и предназначена для самостоятельного изучения определенных тем дисциплины по материалам, рекомендованным преподавателем, а также в порядке подготовки к практическим занятиям.

Цель дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» – формирование компетенций будущего бакалавра по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Для достижения этой цели в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи: вооружить обучаемых теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для:

- создания комфортного (нормативного) состояния среды обитания в зонах трудовой деятельности и отдыха человека;
- идентификации негативных воздействий среды обитания естественного, техногенного и антропогенного происхождения;
- разработки и реализации мер защиты человека и среды обитания от негативных воздействий;
- проектирования и эксплуатации техники, технологических процессов и объектов экономики в соответствии с требованиями по безопасности и экологичности;
- обеспечение устойчивости функционирования объектов и технических систем в штатных и чрезвычайных ситуациях;
- принятия решений по защите производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий и применения современных средств поражения, а также принятия мер по ликвидации их последствий;
- прогнозирования развития негативных воздействий и оценки последствий их действия;

получить навыки использования технической литературой и Интернет-ресурсами в изучаемой области знаний и научиться пользоваться ими в своей дальнейшей практической деятельности.

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	ИД-1 _{УК-8} знаком с общей характеристикой обеспечения безопасности и устойчивого развития в различных сферах жизнедеятельности; классификацией чрезвычайных ситуаций военного характера, принципами и способами организации защиты населения от опасностей, возникающих в мирное время и при ведении военных действий; ИД-2 _{УК-8} оценивает вероятность возникновения потенциальной опасности в повседневной жизни и профессиональной деятельности и принимает меры по ее предупреждению; ИД-3 _{УК-8} использует основные методы защиты при угрозе и возникновение чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов в повседневной жизни и профессиональной деятельности	Знать о средствах и методах повышения безопасности, экологичности и устойчивости технических средств и технологических процессов. Умеет планировать и осуществлять мероприятия по повышению устойчивости производственных систем и объектов, а также владеет приемами оказания первой помощи, методами защиты в условиях чрезвычайной ситуации. Знает правовые, нормативно-технические и организационные основы безопасности жизнедеятельности и основы физиологии человека и рациональные условия деятельности, анатомо-физические последствия воздействия на человека травмирующих, вредных и поражающих факторов. Умеет планировать и осуществлять мероприятия по повышению устойчивости производственных систем и объектов, а также применять средства защиты от негативных воздействий, разрабатывать мероприятия по повышению безопасности и экологичности производственной деятельности.

1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Решение этой задачи вряд ли возможно только путем передачи знаний в готовом виде от преподавателя к студенту. Для решения этой задачи в учебные планы всех специальностей включена самостоятельная работа, составляющая 50% учебного времени студента.

В широком смысле под самостоятельной работой студентов следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствие.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание внеаудиторной самостоятельной определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной и рабочей программ учебной дисциплины. Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы являются:

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными

документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.

- для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др), подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, опытно экспериментальная работа, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов. Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Следует с первых дней обучения в вузе приучать себя к целесообразному распределению занятий по месяцам и неделям семестра. При этом очень важна равномерная работа как основное условие успешных занятий в вузе.

Высшей ступенью обучения является приобретение навыков самостоятельной творческой работы, а творческому применению знаний нужно учиться параллельно с их приобретением.

Задачами самостоятельной работы студентов по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» являются:

- формирования готовности студентов к поиску, обработке и применению информации для решения профессиональных задач;
- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- развитие познавательных способностей и активности студентов, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной деятельности.

2 План-график выполнения самостоятельной работы

Общий объём самостоятельной работы в рамках изучения дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» составляет 90,75 часа.

В структуре самостоятельной работы предусмотрено написание реферата, самостоятельное изучение теоретического материала, подготовка к практическим (лабораторным занятиям), выполнение контрольной работы.

На самостоятельную проработку выносят следующие вопросы *теоретического курса*: «Характеристика системы «человек – среда обитания». Производственная, городская, бытовая, природная среда. Взаимодействие человека со средой обитания». Срок выполнения - 3 неделя. Форма контроля - устный опрос. «Опасности технических систем, анализ опасностей. Опасность. Классификация опасностей. Источники опасностей, номенклатура опасностей. Квантификация опасностей». Срок выполнения - 8 неделя. Форма контроля - устный опрос. «Примеры воздействия негативных факторов на человека и природную среду». Срок выполнения - 9 неделя. Форма контроля - устный опрос. "Обеспечение комфортных и безопасных условий труда в жизнедеятельности ". Срок выполнения - 10 неделя. Форма контроля - устный опрос. " Управление безопасностью жизнедеятельности: системы управления ". Срок выполнения - 11 неделя. Форма контроля - устный опрос.

Также рабочей программой дисциплины ««Безопасность жизнедеятельности» предусмотрено выполнение расчетно-графической работы.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции: УК-8.

Примерные темы рефератов:

1. Производственная, городская, бытовая, природная среда.
2. Негативные воздействия естественного, антропогенного и техногенного происхождения.
3. Примеры воздействия негативных факторов на человека и природную среду.

4. Роль современного специалиста в обеспечении безопасности жизнедеятельности, в рациональном природопользовании, в предупреждении чрезвычайных ситуаций, быстрой и эффективной ликвидации их последствий.
5. Феномены опасности. Признаки опасности.
6. Классификация опасностей. Понятия о номенклатуре опасностей.
7. Классификация основных форм деятельности человека. Физический и умственный труд.
8. Тяжесть и напряженность труда. Статистические и динамические усилия. Мышечная работа.
9. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата производственных помещений.
10. Системы обеспечения параметров микроклимата и состава воздуха: отопление, вентиляция, кондиционирование, устройство и требования к ним.
11. Влияние отклонения параметров производственного микроклимата от нормативных значений на производительность труда и состояния здоровья.
12. Режимы труда и отдыха, основные пути снижения утомления и монотонности труда. Особенности труда женщин и подростков.
13. Освещение. Требования к системам освещения. Естественное и искусственное освещение. Нормирование производственного освещения.
14. Расчет освещения.
15. Температура, влажность и подвижность воздуха.
16. Шум и вибрация, городской транспорт.
17. Показатели негативности техносферы.
18. Предельно допустимая концентрация вредных веществ.
19. Несчастный случай, ЧП
20. Международное сотрудничество в области безопасности жизнедеятельности.
21. Защита от механического воздействия (предохранительные защитные средства, тормозные и оградительные устройства).
22. Средства автоматического контроля и сигнализации.
23. Аппараты и системы очистки выбросов. Устройства для улавливания пыли, токсичных газов и паров, принципиальные схемы, рекомендации по использованию. Расчет и конструирование систем и аппаратов.
24. Рассеивание выбросов в атмосфере, санитарно-защитные зоны.
25. Защитные экраны. Принципы реализации защитных функций, поглощение, отражение и рассеивание энергии механических, акустических и электромагнитных волн.
26. Экранирование источников ионизирующих излучений. Выбор и эксплуатация экранов для защиты от шума, инфра- и ультразвука, инфракрасных, ВЧ, ИК, и лазерных излучений.
27. Образование зон заражения при ядерных взрывах. Закон спада уровней радиации на зараженной местности. Определение доз при пересечении следа.
28. Образование зон радиоактивного заражения при авариях на атомных предприятиях. Снижение уровня радиации на местности.
29. Принципы прогнозирования зон радиоактивного заражения и оценки радиационной обстановки (решение задач).
30. Поражение людей в зоне радиоактивного заражения, поражающие и допустимые дозы.
31. Защита от поражения в зонах радиоактивного заражения (при взрывах и авариях).
32. Государственный санитарно-эпидемиологический надзор. Госэнергонадзор. Государственный пожарный надзор. Госгортехнадзор. Госатомнадзор. Экологическая экспертиза. Экспертиза безопасности.

- 33 Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве.
- 34 Основные понятия и определения, классификация чрезвычайных ситуаций и объектов экономики по потенциальной опасности.
- 35 Фазы развития чрезвычайных ситуаций. ЧС, вызванные пожарами, ЧС, вызванные взрывами, химические ЧС.
- 36 Характеристика поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций природного характера.
- 37 Классификация стихийных бедствий.
- 38 Методика расчета возможных разрушений зданий и сооружений при чрезвычайных ситуациях природного характера.
- 39 Защита от терроризма на объектах экономики. Источники, виды и масштабы терроризма.
- 40 Методы и способы защиты от террористических актов в условиях производства, в быту и в городских условиях.
- 41 Поражающие факторы чрезвычайных ситуаций военного времени.
- 42 Виды оружия массового поражения, их особенности и последствия его применения.
- 43 Классификация пожаров и промышленных объектов по пожаробезопасности.
- 44 Тушение пожаров, принципы прекращения горения.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции: ПК-10, ПК-20.

В рамках самостоятельной работы предусмотрена подготовка студента к проведению и защите лабораторных работ, а также самостоятельное решение практических задач. В рамках изучения дисциплины студент должен выполнить следующие лабораторные работы:

- Действие электрического тока на организм человека;
- Определение электрического сопротивления тела человека на базе LabView;
- Меры защиты человека от поражения электрическим током;
- Изучение устройств защитного отключения,
- Защита человека от поражения электрическим током в электроустановках с системой заземления TT;
- Защита человека от поражения электрическим током в электроустановках с системой заземления IT;
- Исследование заземления и одиночных заземлителей на база LABVIEW;
- Исследование сопротивления петли фаза-нуль на база LABVIEW.

Для лучшего освоения *практических вопросов*, рассматриваемых на практических занятиях, в разделе самостоятельной работы предусмотрено самостоятельное решение задач. Задачи распределены следующим образом:

тема - Расчет кратности воздухообмена помещения- 2 задачи

тема - Определение уровня шума и звукоизоляции - 2 задачи

тема - Расчет рассеивания холодных выбросов из одиночного источника- 2 задачи

тема - Расчет заземляющего устройства п/ст 10/0,4 кВ - 2 задачи

тема - Расчет заземляющего устройства подстанции 110/ 10/кВ -2 задачи

тема - Статистический метод расчета ЗУ - 2 задачи

тема - Расчет установки искусственного освещения. Светящиеся линии - 2 задачи

тема - Точечный метод. Метод коэффициента использования - 2 задачи

Задачи выдает преподаватель в конце практического занятия согласно графику учебного процесса. Для самостоятельного решения следует использовать материалы, выданные преподавателем и указанную литературу. Форма отчётности – наличие решённых задач, представленных в рукописном виде, правильность выполнения которых проверяет преподаватель и делает соответствующие пометки в журнале.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции: УК-8
В таблице 2.1 приведен план график выполнения самостоятельной работы.

Таблица 2.1 – План график выполнения самостоятельной работы

Шифр компетенции	Вид деятельности студентов	Результат самостоятельно работы	Форма контроля	Объем часов
УК-8	Изучение тем 1-8 теоретического курса	Конспект	Устный опрос	18
УК-8	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным занятиям)	Отчет по практическому занятию (лабораторному)	Устный опрос	40
УК-8	Выполнение РГР	Доклад	Устный опрос	20
Итого за 7семестр				

4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Большая часть самостоятельной работы студента состоит в **изучении литературы**. Одна из задач студента – научиться самостоятельно работать с книгой, а это требует определенных затрат энергии и времени. Поэтому надо научиться делать эту работу рационально, то есть необходимо учиться читать.

Как работать с учебной и научной книгой

Методы эффективной работы с книгой в целях развития интеллекта можно условно разделить на две группы:

1. Правильная организация процесса чтения
2. Повышение скорости чтения и восприятия.

В комплексе оба метода могут в 2-3 раза сократить время прочтения различных материалов.

При чтении текста мозг формирует «свою трактовку содержания» прочитанного. Происходит перекодирование сообщения на языке собственных мыслей читателя. Мозг выделяет «ядерное», сущностное значение из текста. Эффективность такой перекодировки зависит от осмысления и внимательности чтения.

Как показали эксперименты, знание и умелое применение некоторых упражнений дают возможность извлекать «ядерное» значение в тексте быстро и надежно. Эти упражнения основаны на использовании дифференциального алгоритма чтения. Центральное место в этом алгоритме занимает «блок доминанта». Это слово в переводе с латинского языка означает «господствующий, основной, главный». Что же такое доминанта применительно к тексту?

Доминанта – главная смысловая часть текста. Она выражается своими словами, на языке собственных мыслей, является результатом переработки текста, его осмысления в соответствии с индивидуальными особенностями читателя, выявления основного замысла автора.

Дифференциальный алгоритм чтения в соответствии с блоками позволяет реализовать логико-семантический анализ текста: вначале выделить ключевые слова, затем построить смысловые ряды и, наконец, выделив цепь знаний, сформулировать доминанту. Именно так и только так (по О.А. Андрееву) можно увидеть главное, действительно, проникнуть в суть вещей, явлений, излагаемых автором.

Возможны три основных способа чтения.

- Первый способ – артикуляция или проговаривание вслух (или почти вслух) того, что читаешь. Скорость такого чтения невелика.

- Второй способ – чтение про себя, при котором речевой процесс проявлен в форме внутренней речи, то есть без открытой артикуляции. Текст, при этом усваивается более эффективно. Способ в принципе допускает быстрое чтение.

- Третий, наиболее совершенный способ чтения – тоже молча, но в условиях максимального сжатия внутренней речи, при котором она проявляется в виде коротких залпов ключевых слов и смысловых рядов, адекватно отражающих смысл текста.

Итак, артикуляция замедляет процесс чтения и от нее необходимо избавиться. Однако не приведет ли сокращение артикуляции при повышении скорости чтения к снижению качества восприятия и осмысления полученной информации?

Как показали исследования психологов, иногда при чтении слова могут быть заменены наглядными представлениями, пространственными схемами. Целые группы слов – одним словом.

Быстро читающие люди обладают способностью, не проговаривая читаемый текст, сразу улавливать и фиксировать замысел автора, а затем усваивать его на уровне внутренней речи. В этом случае, несмотря на высокую скорость чтения, происходит глубокое понимание и усвоение прочитанного, так как основная идея понятна с самого начала. Задачу научиться такому чтению можно решать в два этапа. Первый предполагает сокращение

артикуляции, если она ярко выражена, второй – овладение приемами чтения, при которых текст воспринимается крупными информационными блоками.

Перед углубленным чтением любого текста (статьи, книги, конспекта, лекции перед экзаменом) сначала бегло просмотрите его целиком. При этом постарайтесь выявить основные стержневые идеи, наиболее крупные части и логику их изложения. Лишь после такого просмотра переходите к более детальному чтению.

Перед чтением статьи или параграфа учебника попробуйте проделать следующее: прочитайте внимательно первый абзац, потом бегло просмотрите первые или последние фразы следующих абзацев (в них обычно содержится основная информация), обратите внимание на курсивы, разрядки, подзаголовочный текст и, наконец, внимательно прочтите один-два последних абзаца; постарайтесь выявить основное направление текста и его построение.

Прочитав в тексте интересную идею, полезно остановить свое внимание на ней, прислушаться к тем мыслям, которые она у вас вызвала, подумать о тех последствиях, которые из нее вытекают, попытаться развивать ее дальше.

Существенно замедляют чтение регрессии – частые возвратные движения глаз, многократное повторное прочитывание материала. Возвратиться к уже прочитанному, но недостаточно хорошо понятому участку лучше всего, когда прочитан законченный смысловой фрагмент текста и сделана хотя бы попытка его осмысления, а не в процессе чтения предложения.

Любой текст не однороден по своей информационной насыщенности. В некоторых предложениях, абзацах сконцентрировано очень много информации, например, формулируются основные положения, ведущие идеи и т.д., а другие служат лишь иллюстрацией, фоном. Таким образом, текст имеет «смысловой рельеф». Чем точнее читатель умеет определить степень важности каждого отрезка текста и приспособить к «смысловому барьеру» способ своего чтения (то есть замедлить и углубить в более важных местах и

ускорять в менее важных), тем продуктивнее чтение. Постарайтесь гибко варьировать способ работы с текстом в соответствии с его «смысловым барьером».

Чтобы чтение было эффективным, попробуйте по прочитанному всегда отвечать на 6 вопросов: *«Кто делает? Что делает? Когда? Почему? Где? Как?»*

Формы ведения записей

Самостоятельная работа с книгой может быть успешной, если текст не только прочитан, но и законспектирован. Существует несколько **форм записей**, но любая форма записи не даст нужного результата, если не будет пробуждать мысли того, кто ее ведет, если отсутствует активная работа ума и формирование своих выводов из прочитанного.

Выбор формы записи зависит от индивидуальных особенностей человека, его образованности и опыта. При этом не меньшую роль играет назначение записей, то есть то, какие задачи ставит перед собой человек (для самообразования, для выступления на семинаре, для использования в будущем).

Введение записей мобилизует наряду со зрительной памятью, также и моторную память. Кроме того, у человека, систематически ведущего записи изучаемой литературы, создается свой фонд материалов для быстрого повторения и мобилизации накопленных знаний.

Все записи должны быть убористыми и компактными. Интервалы между строками должны быть достаточными, чтобы вписывать дополнения. Рекомендуется вести записи ручкой, а карандашом или ручкой другого цвета пользоваться для отметок и выделений при последующей работе. Полезно также датировать записи.

Записи могут носить различный характер: план, выписки, тезисы, аннотирование, конспектирование, реферирование.

1. План - наиболее краткая формой записи.. Это перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. План обычно раскрывает структуру произведения, логику автора, способствует лучшей ориентации в содержании.

Так, составленным планом можно воспользоваться, чтобы вспомнить прочитанное или быстро отыскать в книге нужное место. Представление об основных пунктах плана дает оглавление книги, поэтому во многих случаях наименования глав и разделов можно использовать в качестве пунктов. Составление плана приучает логически мыслить, вырабатывать умение сжато и последовательно излагать суть вопроса в письменной и устной форме.

Существует два способа составления плана: работа над ним по ходу чтения и составление плана после ознакомления с произведением. При этом план получается более последовательным и стройным.

Трудность составления плана состоит в том, что надо выяснить для себя, прежде всего, построение изучаемого текста, ход мыслей автора и лишь затем изложить содержание работы кратко и ясно. При всей своей краткости план дает представление о содержании прочитанного. Следует учесть, что форма плана не исключает цитирования отдельных мет и обобщений. Различают простой и развернутый план. В отличие от простого плана развернутый план не только содержит перечисление вопросов, но и раскрывает основные идей произведения, может включать выдержки из него, схемы, таблицы. Планом, особенно развернутым, необходимо пользоваться при написании выступления или статьи.

В целом развернутый план дает гораздо большее представление о произведении, его основных идеях, задачах, которые в нем решаются. Он может включать положения, замечания, собственные мысли студента.

Важно знать, что составление планов помогает вырабатывать способность к отвлеченному, абстрактному мышлению, но наибольшую пользу составление плана даст подготовленным лицам, которые бывают достаточно лишь взглянуть на перечень основных вопросов, чтобы воспроизвести содержание прочитанного.

2. Тезисы – более сложная и совершенная форма записи, чем составление плана.

Это сжатое изложение основных мыслей прочитанного произведения или подготовляемого вступления. Особенностью тезисов является их утвердительный характер.

В них сосредотачивается самое главное, только выводы и обобщения, в них меньше доказательств, иллюстрации и пояснений. Тезисы не должны повторять дословно текст, но в ряде мест могут быть близки к нему, воспроизводя некоторые характерные выражения автора, важные для понимания хода его мыслей. Составление тезисов помогает глубже понять основные идеи произведения, выделить главное в нем; приучают сжато, точно и четко сформулировать свои мысли, повышает культуру речи и письма. При составлении тезисов учитывают следующее. Прежде всего, если произведение небольшое, необходимо внимательно изучать его в целом, если большое – изучать по главам и разделам. Затем, когда будут ясны основные идеи, кратко и последовательно излагать их в виде пунктов.

Различают простые и сложные, развернутые тезисы. Если записывают только утверждение чего – либо, такой тезис называют простым, а сложным тезисом будет выражение главной мысли, содержащее, кроме утверждения, еще и краткое ее доказательство.

Часто тезисы формулируются самим автором как выводы и обобщения в заключении книги или разделах книги. Нередко тезисы выделяются в тексте другим шрифтом.

Рекомендуется делать тезисные записи своими словами, причем можно записывать один абзац за другим, учитывая смысловую связь между ними. Но в большинстве случаев следует составлять сводный тезис, сложный по форме. При этом объединяется несколько утверждений, тесно связанных между собой.

Тезисы по содержанию очень близки к **конспекту**, но конспект носит более описательный характер, и его положения не столь категоричны, как в

тезисах. Кроме того, конспект представляет собой более полную форму записи.

Следует отметить, что различие между формами записей условно, но в любой форме запись – важнейшая часть самостоятельной работы с книгой.

3. Выписки. Это записи текста из книги: теоретических положений, статистических данных, имеющих по мнению читателя важное значение.

Достоинство выписок состоит в точности воспроизведения текста книги, удобстве пользования записями при последующей работе, в накоплении обобщений и фактического материала. Выписки полезны для повторения, освежения в памяти прочитанного, для быстрой мобилизации своих знаний, когда необходимо в короткий срок вспомнить материал. Выписки выделяют из текста самое главное и тем самым помогают глубже понять его. Без них трудно обойтись при подготовке доклада, реферата, выступления. Выписки следует рассматривать как составную часть тезисов и конспектов.

Выписывать текст можно и по ходу чтения и после его завершения. В последнем случае надо замечать места, которые потом будут выписаны. Необходимо каждую выписку снабжать ссылкой на источник с указанием соответствующей страницы. Это нужно, чтобы в последствии можно было быстро найти в книге соответствующее место. Целесообразно выписывать из текста только такие места, в которых содержится самое главное, суть вопроса. Выписки должны быть ориентированы на изучение произведения в целом, а не отдельных мест, поскольку положения, вырванные из общего контакта, понимаются нередко совсем не так, как этого хотел автор. Иначе говоря, отдельно взятые, лишенные пояснений выдержки могут быть не поняты или поняты неправильно.

Выписки бывают дословные (цитаты) и «свободные», когда мысли автора излагаются своими словами. Следует учесть, что большие отрывки, которые трудно цитировать, целесообразнее в краткой форме переложить своими словами, но «яркие» и важные места лучше выписывать дословно. Каждую цитату следует заключать в кавычки. Если ее берут из середины

предложения, то после вводных кавычек ставят три точки. Ставят их и в конце цитаты, если из предложения опущены последние слова.

Следует знать, что какого-либо единого метода выписок, годного для всех случаев, не существует, поскольку у каждого человека свои особенности мышления и восприятия, свой подход к теме. Все это влияет на содержание и характер выписок.

Выписки рекомендуется хранить в картотеке, конвертах или папках, на которых следует обозначить общую тему.

4. Аннотация – еще одна форма записи, являющаяся кратким обобщением содержания книги. Ею удобно пользоваться, если имеется намерение вернуться к изучаемому произведению. Аннотация может быть необходима и для того, чтобы не забыть о нем.

Для составления аннотации надо сначала полностью прочитать и глубоко продумать произведение. При всей своей краткости аннотация может содержать отдельные фрагменты авторского текста, а не только оценку книги или статьи.

5. Резюме очень близко к аннотации. Это запись, являющаяся краткой оценкой прочитанного материала. Различие между ними состоит в том, что аннотация сжато характеризует произведение в целом, а резюме концентрирует внимание на его выводах, главных итогах.

6. Конспект – наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «conspectus», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях ближе держаться тексту, прибегая зачастую к

прямому цитированию автора. В дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство, год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу книги. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник – непереносимое правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора. Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко прочитал и кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами их других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещая их по содержанию.

Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы, затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В **текстуальном конспекте** сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря, конспект – это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из другими источниками.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками,

репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова: «важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению **тематического конспекта** предшествует тщательное изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы. Бывает, что какая-либо тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане конспекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

Следующим методом самостоятельной работы с книгой является **реферирование** на определенную тему. Слово реферат употребляется в двух различных значениях:

1. Краткое изложение содержания книги, научной работы;
2. Доклад за заданную тему на основе критического образа литературных источников.

7. Реферат – это один из самых сложных видов самостоятельной работы с книгой, а для этого следует овладеть более простыми приемами работы – разработкой плана, составлением тезисов и конспектов. Подготовка реферата и выступление с его изложением углубляет знания, расширяет кругозор, приучает логически, творчески мыслить, развивать культуру речи.

При просмотре литературы намечается ориентировочный план реферата, в который включается обычно 3-4 основных вопроса или раздела. Каждом из разделов формулируются подвопросы, помогающие последовательно раскрыть содержание проблемы.

В процессе изучения материала формулировки подвопросов и разделов обычно уточняются. При реферировании следует делать выписки, записывать мысли, возникающие при чтении; следует также точно записывать и определения тех понятий, которые будут использованы в реферате. Из прочитанной литературы нужно заимствовать не буквальный текст, а важнейшие мысли, идеи, теоретические положения; можно цитировать небольшие отрывки, приводить диаграммы, схемы, чертежи, но главное – высказывать собственные соображения по вопросам реферата. Приведенные выше советы следует рассматривать как примерные, предполагающие и другие подходы, поскольку у каждого человека вырабатываются свои приемы и навыки составления рефератов. Большую помощь в работе над рефератом оказывают предисловия к монографиям и сборникам. В них можно найти сведения о цели издания, а также о существующих пробелах в исследовании.

При разработке плана реферата важно учитывать, чтобы каждый его пункт раскрывал одну из сторон избранной темы, а все пункты в совокупности охватывали тему целиком. Различают несколько композиционных решений реферата: во-первых, хронологическое, когда тема раскрывается в исторической последовательности; во-вторых, описательное, при котором тема расчленяется на составные части, в целом раскрывающие определенное явление; в-третьих, аналитическое, когда тема исследуется в ее причинно-следственных связях и взаимозависимых проблемах. Важно следить за тем, чтобы каждый пункт плана был соотнесен с главной темой и не содержал повторения в других пунктах. Важными разделами реферата является вступление и заключение. Во вступлении надо обосновать актуальность темы, обозначить круг составляющих ее проблем, четко и кратко определить задачу своей работы. В заключении делаются краткие выводы, подводятся итоги. В конце реферата должен быть приложен список литературы.

В отличие от тематического конспекта реферат требует большей творческой активности, самостоятельности в обобщении изученной литературы, умения логически стройно изложить материал, оценить

различные точки зрения на исследуемую проблему и высказать о ней собственное мнение. В реферате важно связать теоретические положения с практикой.

Итак, реферат – это самостоятельное произведение автора, которое должно свидетельствовать о знании литературы по данной теме, ее основной проблематике, отражать точку зрения автора реферата на эту проблематику, его умение осмысливать явления жизни на основе теоретических знаний.

При оценке реферата обычно руководствуются следующими критериями:

1. Удалось ли его автору раскрыть сущность данной проблемы;
2. Сумел ли автор показать связь рассматриваемой проблемы с жизнью;
3. Проявил ли автор самостоятельность и творческий подход в изложении реферата;
4. Можно ли считать реферат логически стройным и т.д.

Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы

Контрольная работа является важнейшим элементом самостоятельной работы студентов. Основной целью контрольной работы является получение будущим специалистом практических навыков по решению комплексных задач, возникающих в практической деятельности, а также создание и развитие навыков исследовательской работы, умения работать с научной литературой, делать на основе ее изучения выводы и обобщения,

Основными задачами контрольной работы являются:

- 1) овладение первичными навыками ведения исследовательской работы; развитие творческих способностей индивидуально для каждого студента;
- 2) подготовка студента к выполнению выпускной-квалификационной работы;
- 3) усвоение методов грамотного ведения, оформления и редактирования деловой переписки, а также выполнения практической аналитической работы.

Умение вести исследование – подбирать, анализировать, обобщать материал, системно излагать его научным стилем, обосновывать выводы, оформлять работу – отличает специалиста с высшим образованием. Курсовые работы последовательно готовят выпускника, наращивая владение элементами исследовательской работы. Среди других форм развития творческого потенциала студентов – рефераты, эссе, научные доклады на студенческой научной конференции и др. В соответствии с целью и задачами назначение курсовой работы в учебном процессе конкретизируются в овладении студентами следующих знаний и навыков:

- а) работа с библиографией: пользование каталогами и справочной литературой, статистическими и инструктивными материалами;
- б) разработки плана работы;
- в) понимания и грамотного написания введения к любой исследовательской работе;
- г) методики и стиля изложения материалов работы;

д) редакционного оформления работы в соответствии с общеустановленными требованиями;

е) написание заключения, уяснение его назначения в работе;

ж) составление списка использованной литературы;

и) назначение приложений и их оформление.

Безусловно, овладение этими знаниями должно происходить постепенно, от курса к курсу, от предыдущей работы к каждой последующей круг требований должен расширяться, а их уровень возрастать.

Обязательным является наличие табличных, цифровых и графических данных; проблемно-поисковый характер работы, овладение методами доказательности приводимого материала, обоснование своей точки зрения и путей решения проблем.

Работа над контрольной работой не должна откладываться на последние дни. Относиться к ней надлежит со всей ответственностью и добросовестностью. Только систематический, правильно спланированный и организованный труд позволит добиться хорошего результата точно к установленному сроку

Методические указания по подготовке к семинарским (практическим, лабораторным) занятиям

Семинарские занятия проводятся в форме дискуссии, на которых проходит обсуждение конкретных экономических ситуаций. Обсуждения направлены на освоение научных основ, эффективных методов и приемов решения конкретных практических задач, на развитие способностей к творческому использованию получаемых знаний и навыков. Основная цель проведения семинара заключается в закреплении знаний полученных в ходе прослушивания лекционного материала. Семинар проводится в форме устного опроса студентов по вопросам семинарских занятий, а также в виде решения практических задач или моделирования практической ситуации. В ходе подготовки к семинару студенту следует просмотреть материалы лекции, а затем начать изучение учебной литературы. Следует знать, что освещение того

или иного вопроса в литературе часто является личным мнением автора, построенного на анализе различных источников, поэтому следует не ограничиваться одним учебником или монографией, а рассмотреть как можно больше материала по интересующей теме.

В ходе самостоятельной работы студенту необходимо отслеживать научные статьи в специализированных изданиях.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Проработать конспект лекций;
2. Прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемому разделу;
3. Ответить на вопросы плана семинарского занятия;
4. Выполнить домашнее задание;
5. Проработать тестовые задания и задачи;
6. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

При подготовке к семинарским занятиям следует руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя, использовать основную литературу из представленного им списка. Для наиболее глубокого освоения дисциплины рекомендуется изучать литературу, обозначенную как «дополнительная» в представленном списке. При подготовке доклада на семинарское занятие желательно заранее обсудить с преподавателем перечень используемой литературы, за день до семинарского занятия предупредить о необходимых для предоставления материала технических средствах, напечатанный текст доклада предоставить преподавателю

В рамках самостоятельной работы предусмотрена подготовка студента к проведению и защите лабораторных работ, а также самостоятельное решение практических задач.

Лабораторные занятия позволяют интегрировать теоретические знания и формировать практические умения и навыки студентов в процессе учебной деятельности.

Цели лабораторных/практических занятий по дисциплине

«Безопасность жизнедеятельности»

1. закрепление теоретического материала путем систематического контроля за самостоятельной работой студентов;
2. формирование умений использования теоретических знаний в процессе выполнения лабораторных работ;
3. развитие аналитического мышления путем обобщения результатов лабораторных работ;
4. формирование навыков оформления результатов лабораторных/практических работ в виде таблиц, графиков, выводов.

На лабораторных занятиях осуществляются следующие формы работ со студентами: *индивидуальная* (оценка знаний, выполненных тестовых заданий, проверка рабочих тетрадей); *групповая* (выполнение заданий малыми группами по 2-4 человека); *фронтальная* (подведение итогов выполнения лабораторных работ, подведение итогов выполнения теста).

Методические указания по подготовке к экзамену (зачету)

Готовиться к экзамену (зачету) необходимо в течение всего учебного времени, т.е. с первого дня очередного семестра: вся работа студента на лекциях, семинарских занятиях, консультациях, а также написание рефератов и выполнение курсовых работ и т.п. - это и есть этапы подготовки студента к зачетам и экзаменам. Подготовка к сессии должна быть нацелена не столько на приобретение новых знаний, сколько на закрепление ранее изученного материала и повторение его. Сумму полученных знаний студенту перед сессией надо разумно обобщить, привести в систему, закрепить в памяти, для чего ему надо использовать учебники, лекции, консультации, курсовые работы, рефераты и т.п., а также методические пособия и различного рода руководства. Повторение необходимо производить по разделам, темам.

Методика подготовки к сдаче зачета и экзамена одинакова и состоит из двух взаимосвязанных этапов.

1. Регулярное посещение всех учебных занятий в течение всего семестра: лекций, семинарских занятий, консультаций и т.п., а также активное изучение рекомендованной литературы, отработка (в случае необходимости) в установленные сроки всех пропущенных учебных занятий.

2. Непосредственная подготовка к зачету и экзамену, когда студенту нужно в короткий срок (2-4 дня) охватить весь изученный материал по предмету и успешно сдать экзамен (зачет). А для того, чтобы это успешно сделать, студент, в первую очередь, должен мысленно в спокойной обстановке вспомнить весь материал, изученный за семестр, с тем, чтобы выявить разделы курса (предмета) слабо изученные или плохо понятые при первоначальном изучении с целью устранения пробелов в своих знаниях. Для успешной подготовки к экзаменам студенту необходимо составить себе своеобразный рабочий график, в котором отразился бы последовательный переход от темы к теме, от раздела к разделу. Во время подготовки к экзаменам могут появиться вопросы. Их нужно записать и получить ответ на предэкзаменационных консультациях. На консультациях преподаватель интересуется, как студентами изучены темы, пройденные в учебном процессе, при необходимости он разъясняет отдельные вопросы этих тем. Иногда преподаватель делает сжатый обзор важнейших тем курса, отмечает те вопросы, на которые студенты, ранее сдававшие экзамен, отвечали плохо. Во время подготовки к экзамену студенту необходимо просмотреть и собственные конспекты прослушанных лекций и самостоятельно проработанных тем семинарских занятий. Это позволит ему восстановить в памяти ранее изученные положения, выявить пробелы в своих знаниях и восполнить их из других источников. Значение предэкзаменационных консультаций очень велико. Они призваны: 1) помочь устранить пробелы в знаниях; 2) помочь систематизировать весь ранее изученный материал; 3) информировать студентов о новейших сведениях по тому предмету, который изучен последним.

Экзамен проводится в форме устного опроса.

Вопросы к экзамену:

1. Предмет, цель и содержание дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

Основные задачи курса.

2. Характеристика системы «человек – среда обитания».

3. Производственная, городская, бытовая, природная среда.

4. Взаимодействие человека со средой обитания.

5. Негативные воздействия естественного, антропогенного и техногенного происхождения.

6. Примеры воздействия негативных факторов на человека и природную среду.

7. Роль современного специалиста в обеспечении безопасности жизнедеятельности, в рациональном природопользовании, в предупреждении чрезвычайных ситуаций, быстрой и эффективной ликвидации их последствий.

8. Понятие, декомпозиция и элементы среды.

9. Феномены опасности. Признаки опасности.

10. Априорные (предвестники) и апостериорные (последствия) признаки опасности.

11. Классификация опасностей. Понятия о номенклатуре опасностей.

12. Классификация основных форм деятельности человека. Физический и умственный труд.

45 Тяжесть и напряженность труда. Статистические и динамические усилия.

Мышечная работа.

46 Методы оценки тяжести труда. Энергетические затраты человека при различных видах деятельности.

47 Гигиеническое нормирование параметров микроклимата производственных помещений.

48 Системы обеспечения параметров микроклимата и состава воздуха: отопление вентиляция, кондиционирование, устройство и требования к ним.

49 Влияние отклонения параметров производственного микроклимата от нормативных значений на производительность труда и состояния здоровья, профессиональные заболевания.

50 Адаптация и акклиматизация в условиях перегревания и охлаждения.

51 Повышенное и пониженное атмосферное давление, действие на организм человека, профилактика, производственный травматизм.

52 Эргономика и инженерная психология. Рациональная организация рабочего места, техническая эстетика, требования к производственным помещениям.

- 53 Режимы труда и отдыха, основные пути снижения утомления и монотонности труда. Особенности труда женщин и подростков.
- 54 Освещение. Требования к системам освещения. Естественное и искусственное освещение. Нормирование производственного освещения.
- 55 Светильники, источники света. Расчет освещения.
- 56 Профессиональные заболевания и производственный травматизм при несоблюдении требований к освещению.
- 57 Требования к естественному и искусственному освещению помещений и территорий.
- 58 Температура, влажность и подвижность воздуха.
- 59 Шум и вибрация, городской транспорт.
- 60 Ионизирующее излучение, разрушение озонового слоя, фотохимический смог, парниковый эффект, кислотные дожди, загрязнение земель.
- 61 Показатели негативности техносферы.
- 62 Предельно допустимая концентрация вредных веществ.
- 63 Предельно допустимый сброс и выброс.
- 64 Предельно допустимая экологическая нагрузка, предельно допустимая интенсивность потоков энергии, биологическая и химическая потребность в кислороде.
- 65 Несчастный случай, ЧП, отказ, инцидент, опасность, источник опасности, повреждающий фактор, опасная зона, ущерб.
- 66 Вычисление вероятности ЧП (карта Карно).
- 67 Качественный и количественный анализ опасностей.
- 68 Средства снижения травмоопасности и вредного воздействия технических систем.
- 69 Безопасность функционирования автоматизированных и роботизированных производств.
- 70 Профессиональный отбор операторов технических систем.
- 71 Экономические последствия и материальные затраты на обеспечение безопасности жизнедеятельности.
- 72 Международное сотрудничество в области безопасности жизнедеятельности.
- 73 Взрывозащита технологического оборудования.
- 74 Защита от механического воздействия (предохранительные защитные средства, тормозные и оградительные устройства).
- 75 Средства автоматического контроля и сигнализации.

- 76 Средства электробезопасности . Средства защиты от статического электричества.
- 77 Учет требований безопасности при подготовке производства. Контроль требований безопасности на заводах-изготовителях машин и оборудования.
- 78 Испытания, проверка соответствия оборудования требованиям безопасности перед началом его эксплуатации.
- 79 Освидетельствование и испытание компрессоров, систем газоснабжения, отопления вентиляции, систем под давлением.
- 80 Аппараты и системы очистки выбросов. Устройства для улавливания пыли, токсичных газов и паров, принципиальные схемы, рекомендации по использованию. Расчет и конструирование систем и аппаратов.
- 81 Рассеивание выбросов в атмосфере, санитарно-защитные зоны.
- 82 Защитные экраны. Принципы реализации защитных функций, поглощение, отражение и рассеивание энергии механических, акустических и электромагнитных волн.
- 83 Экранирование источников ионизирующих излучений. Выбор и эксплуатация экранов для защиты от шума, инфра- и ультразвука, инфракрасных, ВЧ, ИК, и лазерных излучений.
- 84 Образование зон заражения при ядерных взрывах. Закон спада уровней радиации на зараженной местности. Определение доз при пересечении следа.
- 85 Образование зон радиоактивного заражения при авариях на атомных предприятиях. Снижение уровня радиации на местности.
- 86 Принципы прогнозирования зон радиоактивного заражения и оценки радиационной обстановки (решение задач).
- 87 Поражение людей в зоне радиоактивного заражения, поражающие и допустимые дозы. Величина ПДК в воздухе, воде, продуктах. Приборы радиационной разведки и радиационного контроля.
- 88 Защита от поражения в зонах радиоактивного заражения (при взрывах и авариях).
- 89 Государственный санитарно-эпидемиологический надзор. Госэнергонадзор. Государственный пожарный надзор. Госгортехнадзор. Госатомнадзор. Экологическая экспертиза. Экспертиза безопасности.
- 90 Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве.
- 91 Источники финансирования природоохранной деятельности (бюджетные и внебюджетные фонды).

92 Основные понятия и определения, классификация чрезвычайных ситуаций и объектов экономики по потенциальной опасности.

93 Поражающие факторы источников чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

94 Фазы развития чрезвычайных ситуаций. ЧС, вызванные пожарами, ЧС, вызванные взрывами, химические ЧС.

95 Характеристика поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций природного характера.

96 Классификация стихийных бедствий.

97 Методика расчета возможных разрушений зданий и сооружений при чрезвычайных ситуациях природного характера.

98 Защита от терроризма на объектах экономики. Источники, виды и масштабы терроризма.

99 Методы и способы защиты от террористических актов в условиях производства, в быту и в городских условиях.

100 Поражающие факторы чрезвычайных ситуаций военного времени.

101 Виды оружия массового поражения, их особенности и последствия его применения.

102 Классификация пожаров и промышленных объектов по пожаробезопасности.

103 Тушение пожаров, принципы прекращения горения.

104 Огнетушащие вещества, технические средства пожаротушения.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

- 1- Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / [С. В. Белов, В. А. Девисилов, А. В. Ильиницкая и др.] ; под ред. С. В. Белова. - Изд. 7-е, стер. - М. : Высшая школа, 2007. - 616 с. : ил. - Прилож.: с. 611-612. - Библиогр. с. 613. - ISBN 978-5-06-00
- 2 - Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности : Терминология : учеб. пособие для вузов / С. В. Белов, В. С. Ванаев, А. Ф. Козьяков ; под ред. С. В. Белова. - М. : Кнорус, 2008. - 390 с. - ISBN 978-5-85971-542-8
- 3 - Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник / С. В. Белов. - Москва : Юрайт, 2011. - 679, [1] с. : ил., табл. ; 21. - (Основы наук). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 680. - ISBN 978-5-99
- 4 - Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда : учеб. пособие / [П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарев, Н. И. Сердюк]. - Изд. 5-е, стер. - Москва : Высшая школа, 2009. - 334 с. : ил. - (Для высших учебных заведений)
- Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. 3-е изд. перераб. и доп. – М.: «Знак», 2000.
- Экология и безопасность жизнедеятельности / Под ред. А.А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.

Дополнительная литература

- 1- Безопасность жизнедеятельности : учебник для студ. вузов / [С. В. Белов, А. В. Ильиницкая, А. Ф. Козьяков и др.] ; под ред. С. В. Белова. - Изд. 3-е, испр. и доп. - М. : Высшая школа, 2001. - 485 с. : ил. - Библиогр.: с. 479-482. - ISBN 5-06-004171-9
- 2 - Охрана окружающей среды : учеб. пособие для вузов / [С. В. Белов, Ф. А. Барбинов, А. Ф. Козьяков и др.] ; под ред. С. В. Белова. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1991. - 264 с. : ил. - Библиогр.: с. 259-260. - ISBN 5-06-000665-4
- 3 - Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / [С. В. Белов, А. В. Ильиницкая, А. Ф. Козьяков и др.] ; под ред. С. В. Белова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1999. - 448 с. : ил. - Библиогр.: с. 444-446. - ISBN 5-06-003605-7
- 4 - Безопасность жизнедеятельности : учебник / под ред. С. В. Белова. - Изд. 4-е, испр. и доп. - М. : Высш. шк., 2004. - 606 с. : ил. - Библиогр.: с.602-603. - ISBN 5-06-004171-9

- 5 - Безопасность жизнедеятельности : [учебник] / [С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.Ф. Козьяков и др.] ; под ред. С.В. Белова. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 2003. - 357 с. - Библиогр.: с. 350-350. - ISBN 5-06-004294-4
- 6 - Экология и безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие для вузов / [Кривошеин Д. А., Муравей Л. А., Роева Н. Н. и др.] ; под ред. Л. А. Муравья. - М. : ЮНИТИ, 2000. - 448 с. : ил. - Библиогр.: в тексте. - ISBN 5-238-00139-8
- 7 - Безопасность жизнедеятельности : [учеб. пособие] для студ. вузов / [Л.А. Муравей, Д.А. Кривошеин, Е.Н. Черемысина и др.] ; под ред. Л.А. Муравья. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 431 с. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 5-238-00352-
- 8 - Экология и безопасность жизнедеятельности : [учеб. пособие] для студ. вузов / [Л.А. Муравей, Д.А. Кривошеин, Н.Н. Роева и др.] ; под ред. Л.А. Муравья. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. - 447 с. - Библиогр.: с. 446-447. - ISBN 5-238-00139-8
- 9 - Князевский, Б. А. Техника безопасности и противопожарная техника в электроустановках : учеб. пособие для сред. спец. учеб. зав. / Б. А. Князевский, Н. А. Чекалин. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Энергия, 1973. - 248 с. : ил. - Гриф: Доп. МО. - Библиог
- 10 - Охрана труда : учебник для студ. вузов / [Б. А. Князевский, П. А. Долин, Т. П. Марусова и др.] ; под ред. Б. А. Князевского. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1982. - 311 с. : ил. - Гриф: Доп. МО. - Библиогр.: с. 308
- 11 - Техника безопасности в электроэнергетических установках : справочное пособие / [сост. Р. А. Гаджиев, П. А. Долин, Н. П. Симочатов] ; под ред. П. А. Долина. - М. : Энергоатомиздат, 1987. - 400 с.
- 12 - Техника безопасности в электроэнергетических установках : справочное пособие / [сост. Р. А. Гаджиев, П. А. Долин, Н. П. Симочатов] ; под ред. П. А. Долина. - М. : Энергоатомиздат, 1988. - 400 с. : ил.
- 13 - Долин, П. А. Справочник по технике безопасности / П. А. Долин. - Изд. 6-е, перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1985. - 824 с. : ил. - Библиогр.: с. 797-802
- 14 - Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: учеб. пособие для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Знак, 2003. - 440 с. - Библиогр.: с. 431-432 (32 назв.)
- 15 - Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) : учеб. пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М. : Высшая школа, 2001. - 319 с. - Библиогр.: с. 316. - ISBN 5-06-004157-3
- 16 - Безопасность жизнедеятельности. безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда : учеб. пособие / [П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и

др.]. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 2002. - 319 с. - На учебнике гриф: Рек.МО.

17 - Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда : учеб. пособие / [П. П. Кукин и др.]. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 2003. - 439 с. : ил. - Гриф: Доп. МО для техникумов. - Библиогр.: с. 427. - ISBN 5-06-004130

18. Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: Учебное пособие для вузов.-М.: ИКФ «Каталог», 2003.-344 с.

19.Мартынюк В.Ф., Прусенко Б.Е. Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд. «Нефть и газ», 2003.- 335 с

20. Мастрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Учебник для вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2003.- 336 с.

21. Сборник задач по безопасности жизнедеятельности. Под ред. Б.Е.Прусенко. – М.: Изд. «Нефть и газ», 2003.- 220 с.