

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)

**Т.В. Денисова**

**НОКСОЛОГИЯ**

**Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям и самостоятельной работе  
для студентов направления подготовки  
20.03.01 (280700.62) «Техносферная безопасность»**

**Томск 2014**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой РЭТЭМ

\_\_\_\_\_ В.И. Туев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

**НОКСОЛОГИЯ**

Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям и самостоятельной работе  
для студентов направления подготовки  
20.03.01 (280700.62) «Техносферная безопасность»

Разработчик:

Доцент каф. РЭТЭМ, к.б.н.

\_\_\_\_\_ Т.В. Денисова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

Томск 2014

Ноксология: учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления подготовки 20.03.01 (280700.62) «Техносферная безопасность» / Сост. Денисова Т.В. – Томск, 2014. – 51 с.

Содержит перечень тем и заданий, необходимых для изучения предмета в соответствии с программой курса «Ноксология» для студентов направления подготовки 20.03.01 (280700.62) «Техносферная безопасность».

К каждому практическому занятию прилагается список рекомендуемой литературы.

Данное пособие содержит также необходимые материалы для самостоятельной работы и подготовки к экзамену.

## СОДЕРЖАНИЕ

Цели и задачи дисциплины и ее место в учебном процессе.....	4
Планы практических занятий.....	5
Задания и виды самостоятельной работы.....	46
Примеры тестов для промежуточного контроля.....	48
Темы курсовых работ.....	48
Вопросы к экзамену.....	49
Рейтинговая система оценки.....	50

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

**1. Цели и задачи дисциплины:** изучение происхождения и совокупного действия опасностей, принципов их минимизации и основ защиты от них.

**Задачи дисциплины:** изучение опасностей, создаваемые избыточными потоками, энергии и информации; освоение методов и средств защиты от опасностей на местном, региональном и глобальном уровнях, видов мониторинга опасностей; оценка негативного воздействия реализованных опасностей, пути дальнейшего совершенствования человеко- и природозащитной деятельности.

**2. Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина «Ноксология» входит в блок базовой части математического и естественнонаучного цикла. Успешное овладение данной дисциплиной предполагает предварительные знания, полученные при изучении дисциплин «Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности», «Управление техносферной безопасностью». Знания, полученные при изучении данной дисциплины, студенты смогут использовать при изучении дисциплин «Оценка воздействия на окружающую среду», «Безопасность в чрезвычайных ситуациях».

### **3. Требования к результатам освоения дисциплины:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций (согласно ФГОС):

#### **Общекультурные компетенции:**

1. владеть культурой безопасности и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности (ОК-7);
2. владеть способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач (ОК-11);
3. владеть способностью к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способностью к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций (ОК-12);

#### **Профессиональные компетенции:**

1. владеть способностью пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и природной среды в техносфере (ПК-11);
2. владеть способностью ориентироваться в основных проблемах техносферной безопасности (ПК-19).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** характеристики возрастания антропогенного воздействия на природу, принципы рационального природопользования, опасности среды обитания (виды, классификацию, поля действия, источники возникновения, теорию защиты).

**Уметь:** осуществлять в общем виде оценку антропогенного воздействия на окружающую среду с учетом специфики природно-климатических условий.

**Владеть:** методами и принципами их минимизации в источниках и основами защиты от них в пределах опасных зон.

## ПЛАНЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### Практическое занятие №1 Взаимодействие человека с окружающей средой

*Форма проведения* - семинар.

*Цель:* Выявление особенностей взаимодействия человека с основными факторами окружающей среды.

*Рассматриваемые вопросы:*

1. Энергообмен человека.
2. Теплообразование и температура тела человека.
3. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека.
4. Барическое давление.
5. Влияние электромагнитного поля Земли.
6. Влияние естественной радиации.
7. Массообмен человека.
8. Информационный обмен человека.

*Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров /С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков; ред. С.В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.

### Практическое занятие №2 Современная ноксосфера

*Форма проведения* - семинар.

*Цель:* Ознакомление с основными факторами окружающей среды, оказывающих воздействие на человека.

*Рассматриваемые вопросы:*

1. Повседневные естественные опасности.
2. Антропогенные опасности.
3. Антропогенно-техногенные опасности.
4. Техногенные опасности, классификация.
5. Постоянные локально действующие опасности.
6. Постоянные региональные и глобальные опасности.
7. Чрезвычайные локально действующие опасности.
8. Региональные и глобальные чрезвычайные опасности.
9. Чрезвычайные опасности стихийных явлений.
10. Естественно-техногенная опасность.

*Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров /С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков; ред. С.В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.

4. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие для вузов / В.А. Акимов [и др.]. – М.: Высшая школа, 2006. – 591 с.

### Практическое занятие №3 Количественная оценка и нормирование опасностей

*Форма проведения* - семинар.

*Цель:* Ознакомление с основными критериями воздействия и травмоопасности потоков.

*Рассматриваемые вопросы:*

11. Критерии допустимого вредного воздействия потоков.
12. Нормативы микроклимата.
13. Нормирование химического загрязнения атмосферы.
14. Нормирование химического загрязнения почв.
15. Нормирование качества воды.
16. Нормируемые параметры шума.
17. Нормативные требования по защите от вибраций.
18. Критерии допустимой травмоопасности потоков.
19. Понятие риска. Индивидуальный и социальный риск.
20. Факторы социального и индивидуального риска.
21. Концепция приемлемого риска.

*Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров /С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков; ред. С.В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.

### Практическое занятие №4 Оценка социального и индивидуального рисков

*Форма проведения* – решение ситуационных задач.

*Цель:* Ознакомление с методами оценки социального и индивидуального рисков.

*Теоретические основы*

При оценивании риска различают две его разновидности - социальный и индивидуальный риски.

*Социальный риск*  $R_s$  характеризует возможные аварии на промышленных, энергетических, военных и иных объектах, которые вызывают тяжелые последствия и, прежде всего, гибель людей. Этот риск принято выражать следующим образом:

$$R_s = \sum_i^l w_i N_i$$

где  $w_i$  - частота  $i$ -й аварии;  $N$  - количество смертельных случаев, обусловленных ею;  $j$  - возможное число всех аварий на данном объекте. Законодательство ряда стран использует определенные значения частоты аварии и количество вызванных ею смертельных случаев для оценки допустимого социального риска эксплуатации того или иного объекта.

Для оценки влияния токсиканта, присутствующего в окружающей среде, вводится понятие «риска от дозы  $i$  токсиканта  $j$ », обозначаемого через  $[P_e(D)]_{ij}$ . Фактически величина  $[P_e(D)]_{ij}$  является вероятностью, она зависит от так называемого фактора риска данного токсиканта  $F_r$  и его дозы  $D$ . Доза измеряется в мг, а фактор риска имеет размерность  $(\text{мг}^{-1})$  и представляет собой риск, приходящийся на единицу дозы. Величина фактора риска должна быть установлена в

результате специальных исследований. Если связь между дозой и риском линейна, а воздействие токсиканта не имеет порога, то величина  $[P_e(D)]_{ij}$  определяется простой формулой:

$$[P_e(D)]_{ij} = (F_r \cdot D)_{ij} = (F_r \cdot c \cdot v \cdot t)_{ij}$$

где  $c$  - концентрация токсиканта;  $v$  - его ежедневное поступление в организм,  $t$  - время воздействия токсиканта.

Число тяжелых последствий (например, раковых заболеваний) действия токсикантов на людей определяется выражением:

$$q_e = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k [P_e(D)]_{ij} \cdot N_{ij}$$

где  $N_{ij}$  - количество людей, подвергающихся действию токсикантов;  $k$  - количество токсикантов;  $n$  - количество уровней доз каждого токсиканта. Символ «е» показывает, что речь идет о дополнительных (*excess*) случаях заболевания, вызванных рассматриваемыми токсикантами (при малых дозах величина  $q_e$  может быть столь незначительна, что ее трудно выявить на фоне «обычных» случаев данного вида рака).

*Индивидуальный риск*, как показывает сам термин, определяется вероятностью экстремального вреда - смерти индивидуума от некоторой причины, рассчитываемой для всей его жизни или для одного года. Часто в литературе термины «индивидуальный риск» и «вероятность» употребляются как синонимы, однако помимо вероятности события здесь присутствует его последствие - гибель человека. Федеральные ведомства США, разрабатывающие нормативные акты, в которых устанавливаются стандарты экологических рисков, ориентируются на такой нижний теоретический предел допустимого индивидуального риска, который можно считать пренебрежимо малым. Этот предел соответствует увеличению вероятности смерти на один шанс на миллион ( $10^{-6}$ ) за всю жизнь человека, продолжительность которой принимается равной 70 годам. В расчете на один год идеальный, пренебрежимо малый индивидуальный риск составляет, следовательно,  $10^{-6}:70 = 1,43 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ .

Для оценки допустимых индивидуальных рисков, связанных с опасными видами деятельности, в Великобритании используются так называемые критерии Эшби. Они представляют собой вероятности одного фатального случая (одной смерти) в год. Характеристики этих критериев даны в таблице 1.

Эти вероятности подсчитаны путем деления количества наблюдавшихся ежегодно смертей на число жителей страны. Видно, что «внутренними» причинами объясняется подавляющее большинство всех смертей, «внешние» причины меньше их на два порядка величины. В то же время среди внешних причин резко доминируют аварии на транспорте. Аварии на воздушном транспорте характеризуются тем же риском, что и природные катастрофы.

Таблица 1. Критерии приемлемости риска

Ранг риска	Вероятность одной смерти в год	Степень приемлемости
1	не менее $1 \cdot 10^{-3}$	риск неприемлем
2	$10^{-4}$	риск приемлем лишь в особых обстоятельствах
3	$10^{-5}$	требуется детальное обоснование приемлемости
4	$10^{-6}$	риск приемлем без ограничений

Таким образом, индивидуальный риск характеризует опасность определенного вида, в определенной точке пространства где находится индивидуум и характеризует распределение риска во времени и пространстве.

**Пример 1.** Индивидуальный риск для жителя города А. Пусть житель города А 40 часов в неделю работает в городе, на 4 недели в году выезжает на отдых, 3 недели каждый год проводит в командировках, 56 дней в году работает за городом на даче, а остальное время находится дома в городе.

Индивидуальный риск погибнуть ( $R_n$ ) для жителя можно определить следующим образом:

$$R_n = (N_n \cdot D \cdot t) / (T \cdot N_0 \cdot d \cdot td)$$

где  $N_n$  - число погибших жителей города, чел.;  $D$  - количество недель, проводимых жителем в городе ( $52-4-3-8=37$ );  $t$  - число часов в неделю, когда житель подвержен опасности, ч.;  $T$  -

отрезок времени учета статистических данных;  $N_0$  - количество жителей города, чел.;  $d$  - число недель в году (52);  $td$  - число часов в неделю, ч. ( $24 \cdot 7 = 168$ ).

В городе А проживает 1,5 млн. человек. Статистические данные за 10 лет говорят о том, что за это время из числа жителей города погибло 60 тыс. человек, получило травму 120 тысяч человек. Подставим и подсчитаем:

$$R_n = 6,73 \cdot 10^{-4}$$

Индивидуальный риск стать жертвой несчастного случая любой степени тяжести можно определить по выражению

$$R_{н.с.} = [(N_n + N_{mp}) \cdot D \cdot t] / (T_0 \cdot d \cdot t_d)$$

где  $N_{mp}$  - число жителей, получивших травмы, чел. Сравнивая  $R_n$  и  $R_{н.с.}$ , можно сделать вывод о том, что у жителей города А вероятность стать жертвой несчастного случая в 3 раза выше, чем погибнуть.

Однако индивидуальный риск не позволяет судить о масштабе катастроф. Поэтому вводится понятие "социальный риск".

**Пример 2.** Социальный риск - зависимость между частотой возникновения событий в поражении определенного числа людей и числом пораженных при этом людей. На основе статистических данных собирается информация: число погибших, число событий, частота событий и т.д. (табл. 2). По этим данным можно построить диаграмму зависимости с горизонтальной осью - число несчастных случаев ( $N$ ) и вертикальной осью - частота событий ( $F$ ). Такие диаграммы используются для представления зависимости частоты реализации опасности от ее масштаба (рис. 1).

Социальный риск, в отличие от индивидуального, в меньшей степени зависит от географического расположения.

Таблица 2

Число погибших $N$	Число событий, в которых погибло $N$ человек	Частота событий (число случаев в год), в которых погибло $N$ человек	Число событий, в которых погибло не менее $N$ человек	Частота событий (число случаев в год), в которых погибло не менее $N$ человек
1	2	$50 = 0,04$	5	$5 / 50 = 0,1$
2	2	$2 / 50 = 0,04$	3	$3 / 50 = 0,06$
3	0	$0 / 50 = 0$	1	$1 / 50 = 0,02$
4	1	$1 / 50 = 0,02$	1	$1 / 50 = 0,02$
5	0	$0 / 50 = 0$	0	$0 / 50 = 0$

После ввода в строй некоторого промышленного объекта проживающее поблизости население в количестве 10 тыс. чел. в течение 3 лет постоянно (24 часа в сутки) подвергается действию находящегося в воздухе токсиканта-канцерогена, концентрация которого равна  $0,01 \text{ мг/м}^3$ . Сколько дополнительных случаев рака можно ожидать от этого токсиканта за время эксплуатации объекта, если фактор риска токсиканта составляет  $10^{-6} \text{ мг}^{-1}$ .

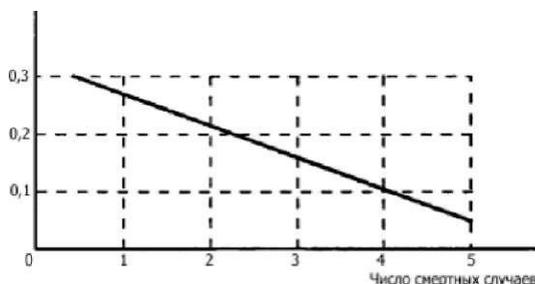


Рис. 1.  $F$ - $N$  диаграмма

В данном примере двойное суммирование не требуется, так как  $i=1$  и  $j=1$ . Если считать, что средний объем воздуха, вдыхаемый ежеминутно, равен  $7,5 \text{ л/мин}$ , то объем загрязненного воздуха, проходящий через легкие каждого человека ежесуточно, составит:  $v = 7,5 \text{ л/мин} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{л} \cdot 60 \text{ мин/ч} \cdot 24 \text{ ч/день} = 10,8 \text{ м}^3/\text{день}$ .

Получаем:  $q_e = F_r \cdot v \cdot c \cdot t \cdot N = 10^{-6} \text{ мг}^{-1} \cdot 10,8 \text{ м}^3/\text{день} \cdot 0,01 \text{ мг}/\text{м}^3 \cdot 365 \text{ дней}/\text{год} (3 \text{ г}) (10^4 \text{ чел.}) = 1,3$ .

Таким образом, для приведенных условий рассматриваемый объект может вызвать приблизительно лишь один случай заболевания раком.

**Задача 1.** Рассчитайте индивидуальный риск стать жертвой несчастного случая, если известно, что общее число жителей города X составляло 750 тысяч человек, за 10 лет погибло 56 тысяч человек, а 90 тыс. получили травмы разной степени тяжести. При этом известно, что в среднем каждый житель работает на предприятии 40 часов в неделю, а на 4 недели ежегодно выезжает в отпуск за город.

**Задача 2.** В эксплуатацию было введено промышленное предприятие, при этом проживающее в этом населенном пункте население (18 тыс. чел.) в течение 2 лет постоянно подвергается действию находящегося в воздухе канцерогена, концентрация которого равна  $0,03 \text{ мг}/\text{м}^3$ . Рассчитайте, сколько дополнительных случаев рака можно ожидать от этого токсиканта за время эксплуатации объекта, если фактор риска токсиканта составляет  $10^{-5} \text{ мг}^{-1}$ .

**Задача 3.** Используя F-N диаграмму, демонстрирующую возникновение пожароопасных ситуаций (рис. 19) установите частоту смертных случаев при частоте их возникновения 0,26.

**Задача 4.** По формуле  $s_k = q_e / (250 F_{rk} \cdot v_k \cdot N_k)$ ,

где  $q_e$  - допустимое дополнительное число тяжелых последствий действия загрязнителя, которые могут возникать ежегодно; 250 - число рабочих дней) рассчитайте допустимую усредненную по времени рабочего дня концентрацию канцерогена в воздухе рабочего помещения при следующих условиях: фактор риска  $F_{rk}$  канцерогена составляет  $1 \cdot 10^{-5} \text{ мг}^{-1}$ ; количество людей подвергающихся воздействию канцерогена  $N_k = 400$ ; допустимое количество дополнительных случаев онкологических заболеваний  $q_e = 0,1$  в год; скорость поступления воздуха в организм работающих составляет  $10 \text{ м}^3/\text{день}$ .

**Задача 5.** Используя соотношение  $R = P \cdot Q$ , установите, чему будет равна величина риска, если известно, что вероятность наступления опасного события составляет  $10^{-1}$ , а ожидаемый ущерб составляет 200 млн. рублей.

*Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров / С.В. Белов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. - 683 с.
3. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учебное пособие для вузов / Б. С. Мاستрюков. - М.: Академия, 2011. - 368 с.

## Практическое занятие №5

### Идентификация опасностей техногенных источников

*Форма проведения* - семинар.

*Цель:* Ознакомление с особенностями техногенных источников опасностей.

*Рассматриваемые вопросы:*

1. Особенности современных источников техногенных опасностей.
2. Идентификация выбросов в атмосферный воздух.
3. Идентификация энергетических воздействий.
4. Идентификация травмоопасных воздействий.
5. Поле опасностей.
6. Составление паспорта техногенных опасностей.

*Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров / С.В. Белов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. - 683 с.

## Практическое занятие №6 Защита от опасностей

*Форма проведения* - семинар.

*Цель:* Ознакомление с основными мероприятиями по защите от опасностей различной природы.

*Рассматриваемые вопросы:*

1. Безопасность объекта защиты.
2. Безопасность работающих и населения.
3. Защита селитебных и природных зон.
4. Основные подходы к защите от опасностей.
5. Техника и средства защиты от опасностей.
6. Региональная защита.
7. Глобальная защита.
8. Локальная защита

*Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров /С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков; ред. С.В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.

## Практическое занятие №7 Оценка последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей

*Форма проведения* – решение задач.

*Цель:* Ознакомление с методикой оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей.

*Теоретические основы*

Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей позволяет провести приближенную оценку различных параметров воздушных ударных волн и определить вероятные степени поражения людей и повреждений зданий при авариях с взрывами топливно-воздушных смесей. Рекомендуются для использования при определении масштабов последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей; при разработке и экспертизе деклараций безопасности опасных производственных объектов. При рассмотрении предполагается частичная разгерметизация или полное разрушение оборудования, содержащего горючее вещество в газообразной или жидкой фазе, выброс этого вещества в окружающую среду, образование облака ТВС, инициирование ТВС, взрывное превращение (горение или детонация) в облаке ТВС.

Исходными данными для расчета параметров ударных волн при взрыве облака ТВС являются:

- характеристики горючего вещества, содержащегося в облаке ТВС;
- агрегатное состояние ТВС (газовая или гетерогенная);
- средняя концентрация горючего вещества в смеси  $C_r$ ;
- стехиометрическая концентрация горючего газа с воздухом  $C_{ст}$ ;
- масса горючего вещества, содержащегося в облаке,  $M_r$ ;
- удельная теплота сгорания горючего вещества  $q_r$ ;
- информация об окружающем пространстве.

Основными элементами алгоритма расчетов являются:

- определение массы горючего вещества, содержащегося в облаке;
- определение эффективного энергозапаса ТВС;
- определение ожидаемого режима взрывного превращения ТВС;

- расчет максимального избыточного давления и импульса фазы сжатия воздушных ударных волн для различных режимов;
- определение дополнительных характеристик взрывной нагрузки;
- оценка поражающего воздействия взрыва ТВС.

*Пример*

В результате аварии на автодороге, проходящей по открытой местности, в безветренную погоду произошел разрыв автоцистерны, содержащей 8 т сжиженного пропана. Для оценки максимально возможных последствий принято, что в результате выброса газа в пределах воспламенения оказалось практически все топливо, перевозившееся в цистерне. Средняя концентрация пропана в образовавшемся облаке составила около 140 г/м<sup>3</sup>. Расчетный объем облака составил 57 тыс. м<sup>3</sup>. Воспламенение облака привело к возникновению взрывного режима его превращения. Требуется определить параметры воздушной ударной волны (избыточное давление и импульс фазы сжатия) на расстоянии 100 м от места аварии.

*Решение*

Сформируем исходные данные для дальнейших расчетов: тип топлива - пропан; агрегатное состояние смеси - газовая; концентрация горючего в смеси  $C_T=0,14$  кг/м<sup>3</sup>; масса топлива, содержащегося в облаке,  $M_T=8000$  кг; удельная теплота сгорания топлива  $q_T=4,64 \cdot 10^7$  Дж/кг; окружающее пространство - открытое (вид 4).

Определяем эффективный энергозапас ТВС  $E$ . Так как  $C_T > C_{ст}$ , следовательно,

$$E = 2M_T C_{ст} / C_T = 2 \cdot 8000 \cdot 4,64 \cdot 10^7 \cdot 0,077 / 0,14 = 4,1 \cdot 10^{11} \text{ Дж.}$$

Исходя из классификации веществ, определяем, что пропан относится к классу 2 опасности (чувствительные вещества). Геометрические характеристики окружающего пространства относятся к виду 4 (открытое пространство). По таблице 1 определяем ожидаемый режим взрывного превращения облака ТВС - дефлаграция с диапазоном видимой скорости фронта пламени от 150 до 200 м/с.

Для проверки рассчитываем скорость фронта пламени по соотношению:

$$V_T = k_1 M_T^{1/6} = 43 \cdot 8000^{1/6} = 192 \text{ м/с.}$$

Полученная величина меньше максимальной скорости диапазона данного взрывного превращения.

Для заданного расстояния  $R=100$  м рассчитываем безразмерное расстояние  $R_x$ :

$$R_x = R / (E/P_0)^{1/3} = 100 / (4,1 \cdot 10^{11} / 101324)^{1/3} = 0,63.$$

Рассчитываем параметры взрыва при скорости горения 200 м/с.

Для вычисленного безразмерного расстояния определяем величины  $P_{x1}$  и  $I_{x1}$ :

$$P_{x1} = (V_T^2 / C_0^2) \cdot ((\delta - 1) / 5) \cdot (0,83 / R_x - 0,14 / R_x^2) = 200^2 / 340^2 - 6/7 \cdot (0,83 / 0,63 - 0,14 / 0,63^2) = 0,29;$$

$$I_{x1} = (V_T / C_0) \cdot ((\delta - 1) / 5) \cdot (1 - 0,4 \cdot (V_T / C_0) \cdot ((5 - 1) / 5)) \cdot x \cdot (0,06 / R_x + 0,01 / R_x^2 - 0,0025 / R_x^3) = (200 / 340) \cdot ((7 - 1) / 7) \cdot x \cdot (1 - 0,4 \cdot (200 / 340) \cdot ((7 - 1) / 7)) \cdot (0,06 / 0,63 + 0,01 / 0,63^2 - 0,0025 / 0,63^3) = 0,0427.$$

Так как ТВС - газовая, величины  $P_{x2}$  и  $I_{x2}$ , рассчитываем следующим образом:

$$P_{x2} = \exp(-1,124 - 1,66 \ln(R_x) + 0,26 (\ln(R_x))^2) = 0,74 \pm 10\%;$$

$$I_{x2} = \exp(-3,4217 - 0,898 \ln(R_x) - 0,0096 (\ln(R_x))^2) = 0,049 \pm 15\%.$$

Затем, определяем окончательные значения  $P_x$  и  $I_x$ :

$$P_x = \min(P_{x1}, P_{x2}) = \min(0,29, 0,74) = 0,29;$$

$$I_x = \min(I_{x1}, I_{x2}) = \min(0,0427, 0,049) = 0,0427.$$

Из найденных безразмерных величин  $P_x$  и  $I_x$  вычисляем искомые величины избыточного давления и импульса фазы сжатия в воздушной ударной волне (рис. 1) на расстоянии 100 м от места аварии при скорости горения 200 м/с:

$$\Delta P = 2,8 \cdot 10^4 \text{ Па;}$$

$$I = I_x (P_0)^{2/3} E^{1/3} / C_0 = 2,04 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с.}$$

Используя полученные значения  $\Delta P$  и  $I$ , находим:

$$Pr_1 = 6,06, Pr_2 = 4,47, Pr_3 = -1,93, Pr_4 = 3,06, Pr_5 = 2,78,$$

(при расчете  $Pr_3$  предполагается, что масса человека 80 кг).

Это означает, что 86% вероятность повреждений и 30% вероятность разрушений промышленных зданий, а также 2,5% вероятность разрыва барабанных перепонок у людей и 1% вероятность отброса людей волной давления. Вероятности остальных критериев поражения близки к нулю.

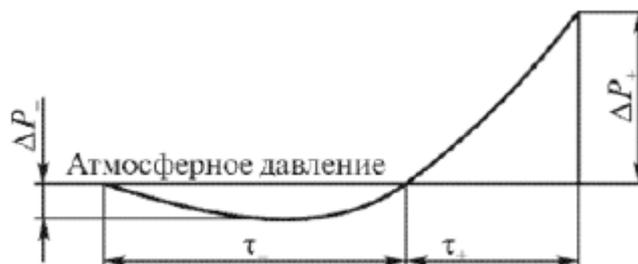


Рис. 1. Характерный профиль ударной волны

**Задача 1.** На промышленном предприятии произошла авария с взрывом топливно-воздушной смеси. Определите тротиловый эквивалент взрыва на промышленном предприятии, если известно, что масса горючего вещества, содержащегося в облаке ТВС, составляет 11 т, а удельная теплота сгорания газа, вызвавшего взрыв, составила  $6,25 \cdot 10^7$  Дж/кг. Тротиловый эквивалент взрыва  $W$  - определяется из соотношения:

$$W = \frac{0,4 \cdot Mr \cdot qr}{0,9 \cdot 4,5 \cdot 10}$$

Определите радиусы зон поражения по формуле:  $R = KW^{1/3} / (1 + (3180/W)^2)^{1/6}$ ,

где коэффициент  $K$  определяется согласно таблицы 3, а  $W$  - тротиловый эквивалент взрыва.

Определите из таблицы 2 ожидаемый диапазон скорости взрывного превращения и скорость фронта пламени, если известно, что пространство, на котором произошла авария среднезагроможденное, а горючее вещество относится к 4 классу.

**Задача 2.** Рассчитайте декремент затухания в падающей волне, который определяется по соотношению:

$$K_i = 0,889 - 0,356 \ln \lambda + 0,105 (\ln \lambda)^2,$$

если известно, что расстояние от центра облака составило 220 м, а масса топлива, содержащегося в облаке - 80 кг.

**Задача 3.** В результате аварии на железной дороге, проходящей лесной местности, произошел взрыв 60 т бензина. Средняя концентрация бензина в образовавшемся облаке составила около  $190 \text{ г/м}^3$ .

Определите режим взрывного превращения (табл. 1) и оцените объем газового облака, если известно соотношение  $V = Mr/Ccm$ .

**Задача 4.** Определите вероятность повреждений стен промышленных зданий, при которых возможно восстановление зданий без их сноса, по соотношению:

$$Pr1 = 5 - 0,26 \ln V1.$$

При этом фактор  $V1$  рассчитывается с учетом перепада давления в волне и импульса статического давления по соотношению:

$$V1 = (17500 \Delta P)^{0,4} + (290/I)^{0,3}.$$

Известно, что избыточное давление составляет около 100 кПа; а импульс волны давления - 0,4 кПа. Оцените по P-I диаграмме (рис.2) уровень поражения промышленных зданий.

**Задача 5.** По P-I диаграмме для экспресс-оценки поражения людей от взрыва ТВС (рис. 3) определите область, при которой безразмерный импульс составляет 10, а безразмерное давление - 100.

Оцените вероятность отброса людей волной давления по величине пробит-функции, которая равна 5,99. Чему равна вероятность разрыва барабанных перепонок у людей от уровня перепада давления в воздушной волне, если величина пробит-функции составила 7,37.

Будут ли наблюдаться повреждения зданий и в какой мере, если избыточное давление при аварии составит 40 кПа, а импульс волны давления - 0,2 кПа.

**Задача 6.** Рассчитайте, какое из веществ в ТВС (табл. 4) будет иметь максимальную теплоту сгорания: водород, нитрометан, сероуглерод, сероводород, гексан, бензол, аммиак, фенол, хлорбензол или трихлорэтан ( $qr=44\beta$  МДж/кг).

Таблица 1. Экспертная таблица для определения режима взрывного превращения

Класс горючего вещества	Вид окружающего пространства			
	1	2	3	4
	ожидаемый диапазон скорости взрывного превращения			
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

*Примечание.* В связи с тем, что характер окружающего пространства в значительной степени определяет скорость взрывного превращения облака ТВС и, следовательно, параметры

ударной волны, геометрические характеристики окружающего пространства разделены на виды в соответствии со степенью его загроможденности (т.н. классификация окружающей территории):

**Вид 1.** Наличие длинных труб, полостей, каверн, заполненных горючей смесью, при сгорании которой возможно ожидать формирование турбулентных струй продуктов сгорания с размером не менее трех размеров детонационной ячейки данной смеси.

**Вид 2.** Сильно загроможденное пространство: наличие полузамкнутых объемов, высокая плотность размещения технологического оборудования, лес, большое количество повторяющихся препятствий.

**Вид 3.** Средне загроможденное пространство: отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк.

**Вид 4.** Слабо загроможденное и свободное пространство.

Ниже приводится разбиение режимов взрывного превращения ТВС по диапазонам скоростей.

**Диапазон 1.** Детонация или горение со скоростью фронта пламени 500 м/с и больше.

**Диапазон 2.** Дефлаграция, скорость фронта пламени 300-500 м/с.

**Диапазон 3.** Дефлаграция, скорость фронта пламени 200-300 м/с.

**Диапазон 4.** Дефлаграция, скорость фронта пламени 150-200 м/с.

**Диапазон 5.** Дефлаграция, скорость фронта пламени определяется соотношением:  $Vr = k1 Mm^{1/6}$ , где  $k1$  - константа, равная 43.

**Диапазон 6.** Дефлаграция, скорость фронта пламени определяется соотношением:  $Vr = k2 Mz^{1/6}$ , где  $k2$  - константа, равная 26.

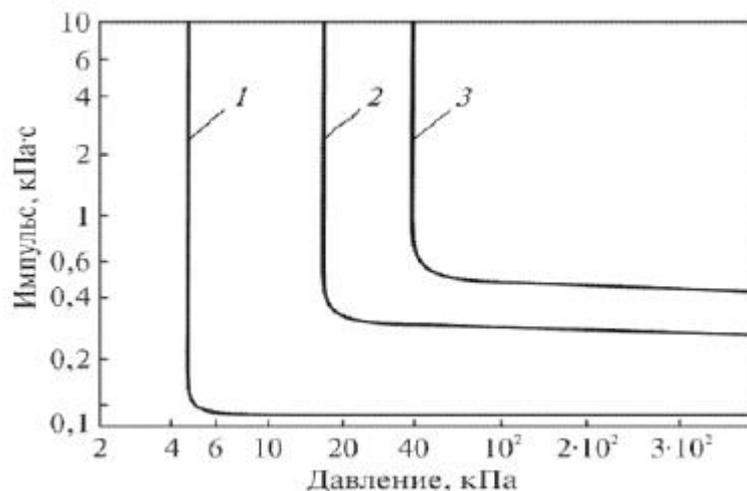


Рис. 2. P-I диаграмма для оценки уровня поражения промышленных зданий: 1 - граница минимальных разрушений; 2 - граница значительных повреждений; 3 - разрушение зданий (50--75% стен разрушено)

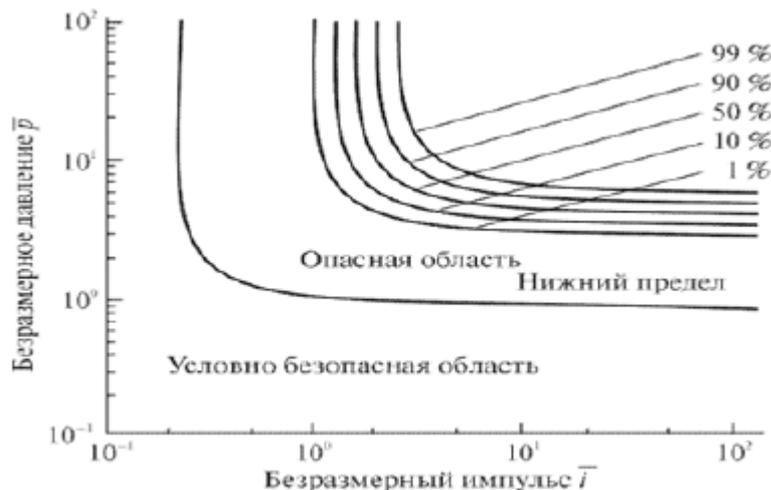


Рис. 3. P-I диаграмма для экспресс-оценки поражения людей от взрыва ТВС

Таблица 2  
Связь вероятности поражения с пробит-функцией

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,38	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,86	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	3,09

Таблица 3  
Уровни разрушения зданий

Категория повреждения	Характеристика повреждения здания	Избыточное давление AP, кПа	Коэффициент К
A	Полное разрушение здания	>100	3,8
B	Тяжелые повреждения, здание подлежит сносу	70	5,6
C	Средние повреждения, возможно восстановление здания	2В	9,6
D	Разрушение оконных проемов, легкобрасываемых конструкций	14	28,0
E	Частичное разрушение остекления	<2,0	56

Таблица 4

## Классификация горючих веществ по степени чувствительности

Класс 1		Класс 2		Класс 3		Класс 4	
Особо чувствительные вещества		Чувствительные вещества		Средне чувствительные вещества		Слабо чувствительные вещества	
размер детонационной ячейки менее 2 см		размер детонационной ячейки от 2 до 10 см		размер детонационной ячейки от 10 до 40 см		размер детонационной ячейки больше 40 см	
Ацетилен	P	Акрилонитрил	P	Ацетальдегид	P	Аммиак	P
	1,1		0,67		0,56		0,42
Винилацетилен	1,03	Акролеин	0,62	Ацетон	0,65	Бензол	0,33
Водород	2,73	Бутан	1,04	Бензин	1	Декан	1
Гидразин	0,44	Бутилен	1	Винилацетат	0,51	Дизтопливо	1
Изопропилнитрат	0,41	Бутадиен	1	Винилхлорид	0,42	о-дихлорбензол	0,42
Метилацетилен	1,05	1,3-пентадиен	1	Гексан	1	Додекан	1
Нитрометан	0,25	Пропан	1,05	Генераторный газ	0,33	Керосин	1
Окись пропилена	0,7	Пропилен	1,04	Изооктан	1	Метан	1,14
Окись этилена	0,62	Сероуглерод	0,32	Метиламин	0,7	Метилбензол	1
Этилнитрат	0,3	Этан	1,08	Метилацетат	0,53	Метилмеркаптан	0,53
		Этилен	1,07	Метилбутилкетон	0,79	Метилхлорид	0,12
		ШФЛУ	1	Метилпропилкетон	0,76	Нафталин	0,91
		Диметиловый эфир	0,66	Метилэтилкетон	0,71	Окись углерода	0,23
		Дивиниловый эфир	0,77	Октан	1	Фенол	0,92
		Метилбутиловый эфир	-	Пиридин	0,77	Хлорбензол	0,52
		Диэтиловый эфир	0,77	Сероводород	0,34	Этилбензол	0,90
		Диизопропиловый эфир	0,82	Метиловый спирт	0,52	Дихлорэтан	0,25
Этиловый спирт	0,62			Трихлорэтан	0,14		

*Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие для вузов / В.А. Акимов [и др.]. - М.: Высшая школа, 2006. - 591 с.
3. Матрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учебное пособие для вузов / Б. С. Матрюков. - М.: Академия, 2011. - 368 с.

## **Определение эффективной дозы облучения населения и зонирование загрязненных территорий**

*Форма проведения* – решение ситуационных задач.

*Цель:* Ознакомление с нормами радиационной безопасности, установление функциональных зависимостей облучения населения.

*Рассматриваемые вопросы:*

1. Определение годовой эффективной дозы внутреннего облучения населения от пищевых продуктов, загрязненных радионуклидами.
2. Определение годовой эффективной дозы внутреннего облучения населения от воздуха, загрязненного радионуклидами.
3. Определение внешней эффективной дозы облучения населения за календарный год.
4. Определение размеров зон территорий, загрязненных радионуклидами.
5. Организация жизнедеятельности на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

*Литература для подготовки к занятию*

1. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»
2. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения».
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. -М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. - 116с.
4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). СП 2.6.1.799-99.- Минздрав России, Москва, 2000 - 100с.
5. Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка: Методические указания по методам контроля. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России , 1998. - 60с.

### **Практическое занятие №9**

#### **Оценка режимов радиационной защиты производственного персонала и деятельности промышленных объектов в чрезвычайных ситуациях**

*Форма проведения* - семинар.

*Цель:* Ознакомление с основными требованиями обеспечения режимов радиационной защиты промышленного объекта в чрезвычайных ситуациях.

*Рассматриваемые вопросы:*

1. Что понимают под режимом радиационной защиты производственного персонала и производственной деятельностью промышленного объекта?
2. Цели ввода в действие режима работы объекта и чем они достигаются?
3. Какие факторы учитываются при разработке режима работы объекта?
4. Что включает в себя содержание режима работы объекта?
5. Какие исходные данные необходимы для разработки содержания режима работы объекта?
6. Кем разрабатываются типовые режимы работы объекта и цель их разработки?
7. Какие три последовательных этапа предусматривают типовые режимы работы объекта?
8. Кем вводятся в действие типовые режимы работы объекта и порядок их ввода?
9. Порядок действий штаба гражданской обороны при выборе типового режима работы объекта.
10. Решение ситуационных задач.

*Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров /С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков; ред. С.В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.
4. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие для вузов / В.А. Акимов [и др.]. – М.: Высшая школа, 2006. – 591 с.
5. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учебное пособие для вузов / Б. С. Мاستрюков. - М.: Академия, 2011. - 368 с.

## Практическое занятие №10 Прогнозирование обстановки при воздействии цунами

*Форма проведения* – решение задач.

*Цель:* Ознакомление с причинами возникновения цунами и их характеристиками и последствиями методикой прогнозирования обстановки.

*Теоретические основы*

Волны цунами – это длинные морские волны, которые возникают вследствие землетрясений (90 % случаев), деятельности вулканов и мощных подводных взрывов.

Цунами возникают лишь после тех землетрясений, которые связаны с быстрым образованием на дне океана сбросов валов, оползней. Это смещение, действуя по принципу поршня толкает воду, вызывая образование цунами.

Возникновение значительных цунами связано с землетрясениями, очаги которых расположены сравнительно неглубоко – на глубине не более 40-60 км.

На основе многолетних наблюдений получена следующая статистика: землетрясения с магнитудой  $M > 7,5$  вызывают цунами почти всегда; при  $M = 7 \div 7,2$  – цунами возникают в 67 % случаев при  $M = 6,7 \div 6,9$  – цунами возникают в 17 % случаев при  $M = 5,8 \div 6,2$  – лишь в 14 % случаев.

Образовавшись в каком-либо месте, цунами может пройти несколько тысяч километров, почти не уменьшаясь. Это связано с длиной волны цунами. Цунами имеет весьма большую длину, обычно превышающую 100 км. Скорость распространения цунами в океане зависит от глубины:  $C = 2gh$  и составляет в океане  $\sqrt{700} \div 800$  км/ч, а на побережье – до  $30 \div 40$  км/ч.

Пауза между моментами начала регистрации землетрясения сейсмическими станциями и прихода волн к берегу может составить для российского побережья от нескольких минут до суток.

Время распространения волн цунами от эпицентра до берега можно определить по формуле  $T = L/C$ , где  $L$  – расстояние от эпицентра до берега.

Цунамиопасными регионами нашей страны являются Курильские острова, Камчатка, Сахалин, побережье Тихого океана.

Цунами характеризуют магнитудой. За магнитуду цунами принят натуральный логарифм амплитуды колебаний уровня воды (в метрах), измеренный стандартным мареографом у береговой линии на расстоянии от 3 до 10 км.

Магнитуда цунами отличается от магнитуды землетрясения. Если сейсмическая магнитуда характеризует энергию в целом то магнитуда цунами – только часть энергии землетрясения.

Существует статистическая зависимость между сейсмической магнитудой  $M$ , магнитудой цунами  $m$  и высотой волны цунами  $h_0$  (табл. 1).

Таблица 1 Зависимость между сейсмической магнитудой, магнитудой цунами и высотой главной волны цунами

Магнитуда землетрясения, $M$	Магнитуда цунами, $m$	Высота главной волны $h_0$ , м
7,5	1	2-3
8,0	2	4-6
8,25	3	8-12
8,5	4	14-20

При продвижении волны к берегу при пологом дне происходит увеличение высоты волны и уменьшение ее длины. Передний склон волны становится круче, достигая в высоту несколько десятков метров. Последствия цунами – результат воздействия волн на берег и расположенные на нем объекты. Масштабы воздействия зависят от разрушительной силы волны характера и природных особенностей берега и побережья. Эффективности и своевременности принятых спасательных и других мер по снижению размеров ущерба.

Цунами вызывает массовую гибель людей, разрушает здания и сооружения, перемещает на значительные расстояния от берега тяжелые объекты, в том числе и океанические суда, переворачивает железнодорожные составы. Суда, портовые сооружения и оборудование повреждаются от воздействия даже слабых волн цунами. Значительные повреждения вызываются также действием плавающих предметов и обломков.

## МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБСТАНОВКИ

### Распространение цунами на берегу

Глубину гидропотока у уреза воды ориентировочно можно принять равной:

$$h_{yp} = 1,5 \cdot h_0$$

где  $h_0$  – высота главной волны цунами (табл. 1).

Давление гидравлического потока в основном зависит от скорости потока по берегу. Скорость распространения потока у уреза воды приблизительно можно определить по формуле:

$$U_{yp} = 3 \sqrt{h_0}$$

Где 3 – коэффициент с размерностью м<sup>1/2</sup>/с.

Сопротивление движению потока в гидравлических расчетах учитывается коэффициентом шероховатости:

$$n = \frac{1}{U} \cdot h_{yp}^{0,7} \cdot i^{0,5}$$

где  $i$  – уклон берега.

Дальность  $S_k$  распространения воды по берегу зависит от уклона берега и шероховатости, а также глубины потока в конечной рассматриваемой точке. Для определения дальности распространения потока воды с натурными данными получают по формуле:

$$S_k = \frac{h_{yp}(1-n) - h_k}{i(1-n)}$$

где  $h_k$  – глубина потока в конечной рассматриваемой точке;

$n$  – коэффициент шероховатости.

Обычно принимают глубину при которой ущерб практически не наблюдается ( $h_k=0,5$  м).

Дальность распространения волн цунами на берегу позволяет судить о масштабах защитных мероприятий. Ориентировочно этот показатель может быть

определен по табл. 2.

Таблица 2  
Зависимость дальности распространения волн цунами на берегу  
от высоты волны  $h_{yp}$  на урезе воды и уклона берега  $i$

Уклон берега, $i$	Дальность $S$ , км, при высоте волны $h_{yp}$ , м			Уклон берега, $i$	Дальность $S$ , км, при высоте волны $h_{yp}$ , м		
	1	5	10		1	5	10
0,001	0,5	4,5	9,0	0,010	0,05	0,5	1,0
0,005	0,1	0,9	1,9	0,015	0,03	0,3	0,6

Высота волны  $h$  на различных расстояниях  $S$  от берега может быть определена по формуле:

$$h = (U_{yp} \cdot i \cdot S)(1-n), \text{ м}$$

Скорость распространения гидравлического потока  $U$  м/с, где высота волны равна  $h$ , составляет:

$$U = U_{yp} \left( \frac{h}{h_{yp}} \right)^{0,7}$$

где  $U_{yp}$  – скорость потока у уреза воды, м/с.

Приведенной методикой пользуются для прогнозирования воздействия цунами с известными характеристиками (зародившееся цунами).

К основным показателям определяющим варианты реагирования после получения сигнала о мощности и координатах землетрясения в океане относят:

- время распространения волн цунами к берегу;
- высоту волны цунами у уреза воды;
- дальность распространения волн на берегу.

Эти показатели являются определяющими при выборе вариантов эвакуации. В зависимости от наличия времени эвакуация населения может быть проведена экстренным способом на ближайшие возвышенные места или с использованием транспорта.

Для заблаговременного прогнозирования используются как правило карты цунами районирования Дальневосточного побережья России. В этой карте принимают максимально возможные уровни воды и максимальные площади затопления прибрежных районов при воздействии цунами.

#### *Прогнозирование воздействия цунами на здания и сооружения*

Основными разрушающими факторами при воздействии цунами являются:

- гидростатическое давление;
- давление гидравлического потока;
- размывающее действие;
- транспортирующее действие.

Интенсивность гидравлического воздействия на сооружения можно оценить давлением гидравлического потока.

При прохождении гидравлического потока мимо здания возникает сложная картина взаимодействия. Поле давлений в основном зависит от параметров волны (глубины потока, скорости) размеров и ориентации объекта относительно фронта волны.

После достижения подходящей волной фронтальной стены в первый момент происходит удар о стену. На лобовую поверхность фронтальной стены действует давление  $P$ :

$$P = P_s + P_d, \text{ Па}$$

где  $P_s$  – среднее гидростатическое давление, Па;

$P_d$  – гидродинамическое давление, Па.

Среднее гидростатическое давление может быть определено по формуле:

$$P_s = 1/2 \rho g h, \text{ Па}$$

где  $\rho$  – плотность воды,  $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $h$  – высота волны, м.

Гидродинамическое давление определяется из выражения:

$$P = 1/2 \beta \rho U^2, \text{ Па,}$$

где  $\beta$  – коэффициент лобового сопротивления,  $\beta=1,4$ ;

$U$  – скорость потока, м/с.

Тогда выражение для определения давления потока на сооружение будет иметь вид:

$$P = \frac{1}{2} \rho (gh + \beta U^2), \text{ Па.}$$

Для оперативного прогнозирования принято рассматривать четыре степени разрушения зданий: слабое, среднее, сильное, полное. Характеристики степеней разрушения зданий можно принимать по табл. 2.

Таблица 2  
Зависимость степени разрушения береговых зданий от давления гидропотока

Давление потока, кПа	Вид разрушений
до 5	Повреждения
5-10	Слабые
10-20	Средние
20-30	Сильные
30-40	Полные

К основным показателям характеризующим инженерную обстановку в районах воздействия цунами относятся:

- количество зданий получивших полные, сильные, средние и слабые разрушения;
- количество участков требующих укреплений (обрушений) поврежденных или разрушенных конструкций;
- количество аварий на коммунально-энергетических сетях;
- протяженность заваленных проездов и размывших насыпей дорог.

Количество зданий получивших полные, сильные, средние и слабые разрушения определяют путем сопоставления давлений, характеризующих прочность зданий и давлений характеризующих воздействие гидравлического потока.

Давления, характеризующие прочность зданий можно определить по табл. 2. Учитывая длительность действия нагрузки от гидравлического потока, необходимо значения интервалов давлений уменьшить в 1,5 раза. Данные, приведенные в табл. 2, представляют ступенчатую аппроксимацию законов определенных степеней разрушения зданий.

Ориентировочные значения давлений в зависимости от высоты волны в рассматриваемом месте побережья можно определить по табл. 3, полученной на основе обобщения расчетов.

Таблица 3

Зависимость давления гидротока на береговые преграды от высоты волн

Высота волны $h$ , м.	Давление потока кПа
3	40
2,5	30
2	20
1,5	10
1	5

Степень разрушения объектов в зависимости от высоты и скорости волны приведена в табл. 4.

Таблица 4

Значения параметров волны, приводящие к разрушению объектов

Наименование объекта	Степень разрушения					
	Сильная		Средняя		Слабая	
	$h$ , м	$V$ , м/с	$h$ , м	$V$ , м/с	$h$ , м	$V$ , м/с
Здания	4	2,5	3	2	2	1
– кирпичные						
– каркасные панельные	7,5	4	6	3	3	1,5
Мосты						
– металлические	2	3	1	2	0	0,5
– железобетонные	2	3	1	2	0	0,5
– деревянные	1	2	1	1,5	0	0,5
Дороги						
– с асфальтобетонным покрытием	4	3	2	1,5	1	1,5
– с гравийным покрытием	2,5	2	1	1,5	0,5	
Пирс	5	6	3	4	1,5	1
Плавучий док	8	2	5	1,5	3	1,5
Плавучий кран	7	2	5	1,5	2,5	1,5

Завалы, характерные для разрушения зданий при авариях со взрывом и в районах землетрясений не образуются. Обломки перемещаются волной на значительные расстояния.

Количество участков требующих укреплений (обрушений) поврежденных или разрушенных конструкций принимают из расчета один участок на здание, получившее сильное разрушение.

Количество аварий на КЭС принимают равным числу разрушенных коммуникаций в здании (электро-, газо-, тепло- и водоснабжения).

Коммуникации считаются разрушенными если здание получило полную или сильную степень разрушения. Водяные потоки могут вызвать затопление подземных коммуникационных каналов, что значительно увеличит объемы аварийно-технических работ.

Протяженность заваленных проездов и размытых насыпей дорог определяют исходя из зоны затопления. Следует иметь в виду, что практически все дороги в зонах затопления с высотой волны 2 м и более будут разрушены. Проезды будут завалены обломками разрушенных конструкций и оборудования в пределах зоны затопления, где высота волны составляет 1 м и более.

К показателям влияющим на объем аварийно-спасательных работ и жизнеобеспечения населения относятся:

- число пострадавших, оказавшихся в зоне затопления;
- число людей, оставшихся без крова;
- потребность во временном жилье;
- пожарная, радиационная и химическая обстановка в районе воздействия цунами.

Основным фактором, определяющим численность пострадавших и объемы спасательных работ является зона затопления с высотой волны 1 м и более. Число пострадавших, оказавшихся в зоне затопления ориентировочно можно определить по формуле:

$$N = S_{зат} \cdot \psi$$

где  $S_{зат}$  – площадь затопления с высотой волны не менее 1 м, км<sup>2</sup>;  $\psi$  – плотность людей в зоне затопления, чел./км<sup>2</sup>

Число людей оказавшихся без крова принимается равным численности людей проживающих в зданиях получивших средние, сильные и полные разрушения.

При заблаговременной оценке обстановки в районе возможного воздействия цунами поступают следующим образом. Вдоль береговой линии выделяют, как правило пять зон разрушения гидравлическим потоком (табл. 2).

Пожарная радиационная и химическая обстановка в районе воздействия цунами оценивается с учетом наличия в зоне бедствия хранилищ горючего, судов и плавсредств с пожаровзрывоопасными химически- и радиационно-опасными продуктами. Хранилища с горючими веществами продуктопроводы и суда могут быть разрушены в зоне действия волны высотой 2 м и более.

*Задание:*

1. Определить основные характеристики цунами
2. Рассчитать последствия воздействия цунами
3. Сделать прогноз

*Варианты заданий*

№ варианта	Магнитуда	Расстояние до берега, км	Средняя глубина океана, м	Уклон берега	Высота волны	Скорость потока
1	8	300	3000	0,001	1	8,3
2	7	100	2000	0,002	2	6
3	9	600	1000	0,003	1,5	4,2
4	5	900	5000	0,004	2,5	9,1
5	6	200	4000	0,005	3	7
6	7	340	6000	0,001	2	5,7
7	9	670	4000	0,002	1,5	10
8	8	1000	3000	0,003	2,5	8,9
9	5	450	2000	0,004	3	3,4
10	7	550	1000	0,005	1	5

### Литература для подготовки к занятию

1. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров /С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие для вузов / В.А. Акимов [и др.]. – М.: Высшая школа, 2006. – 591 с.
3. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учебное пособие для вузов / Б. С. Мастрюков. - М.: Академия, 2011. - 368 с.

## Практическое занятие №11

### Оценка шумового воздействия автодороги на прилегающую территорию

*Форма проведения* – решение задач.

*Цель:* Рассчитать уровень звука в расчетной точке придорожной территории, сравнить с нормативом, предложить шумозащитные мероприятия.

*Теоретические основы*

Величину эквивалентного уровня автотранспортного шума на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения ( $L_{A,TP}$ , дБА) допускается определять по следующей упрощённой формуле:

$$L_{A,TP} = L_{A,NV} + \Delta L_i + \Delta L_s + \Delta L_k + \Delta L_d,$$

где  $L_{A,NV}$  - эквивалентный уровень звука на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения от автотранспортного потока интенсивностью  $N$ , движущегося со средней скоростью  $V$  (принимается по табл. 1);

$\Delta L_i$  - поправка на продольный уклон дороги (табл. 2);

$\Delta L_s$  - поправка на тип дорожного покрытия (табл. 3);

$\Delta L_k$  - поправка на долю бензиновых грузовиков и автобусов в транспортном потоке (табл. 4);

$\Delta L_d$  - поправка на долю дизельных грузовиков и автобусов в транспортном потоке (табл. 5).

Уровень звука  $L_{A,тер}$  в дБА в расчетной точке на территории защищаемого от шума объекта следует определять по формуле

$$L_{A,тер} = L_{A,TP} - \Delta L_{A,рас},$$

где  $L_{A,TP}$  - шумовая характеристика источника шума (автомобильной дороги) в дБА;

$\Delta L_{A,рас}$  - снижение уровня звука в дБА в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой, определяемое по табл. 6.

Требуемое снижение уровней звука в расчетной точке  $L_{A,треб}$  в дБА на территории защищаемого от шума объекта следует определять по формуле

$$L_{A,треб} = L_{A,тер} - L_{A,эkv,доп},$$

где  $L_{A,эkv,доп}$  - допустимый эквивалентный уровень звука в дБА на территории защищаемого от шума объекта, определяемый в соответствии с табл. 7 (для дневного диапазона).

Таблица 1  
Значения величины  $L_{NV}$

Интенсивность движения $N$ , АТС/ч	Значения $L_{NV}$ , дБА, в зависимости от средней скорости движения транспортного потока $V$ , км/ч				
	30	40	50	60	70
500	72,5	74,0	75,5	77,0	78,5
1000	75,5	76,0	77,5	79,0	80,5
1500	76,5	78,0	79,5	81,0	82,5
3000	78,5	80,0	81,5	83,0	84,5

Таблица 2  
Значения поправки  $\Delta L_i$

Величина продольного уклона дороги, %	До 20	30	40	50	60
Величина поправки $\Delta L_i$ , дБА	0	+1	+2	+3	+4

Таблица 3  
Значения поправки  $\Delta L_S$

Вид дорожного покрытия	Величина поправки $\Delta L_S$ , дБА
Литой асфальтобетон	0
Мелкозернистый асфальтобетон	+1
Крупнозернистый асфальтобетон	+1,5
Цементобетон	+2

Таблица 4  
Значения поправки  $\Delta L_k$

Доля бензиновых грузовых автомобилей и автобусов в составе транспортного потока, %	До 5	6...10	11...15	16...20	21...25
Величина поправки $\Delta L_k$ , дБА	-2	-1	0	+1	+2

Таблица 5  
Значения поправки  $\Delta L_d$

Доля дизельных грузовых автомобилей и автобусов в составе транспортного потока, %	До 5	6...10	11...15	16...20	21...25
Величина поправки $\Delta L_d$ , дБА	-1	0	+1	+2	+3

Таблица 6  
Значения поправки  $L_{A,рас}$

Расстояние от источника шума до расчётной точки, м	0	14	30	60	100	200	300
Величина поправки $\Delta L_{A,рас}$ , дБА	0	4	8,2	12,4	15,8	20,7	24

Таблица 7

Допустимые уровни звукового давления, уровни звука,  
эквивалентные и максимальные уровни звука

№ пп	Вид трудовой деятельности, рабочее место, назначение помещений или территорий	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквив. уровни звука, дБА	Максимальные уровни звука, дБА
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1	Территории, непосредственно прилегающие к зданиям	с 7 до 23 ч	<u>83</u> 78	<u>67</u> 62	<u>57</u> 52	<u>49</u> 44	<u>44</u> 39	<u>40</u> 35	<u>37</u> 32	<u>35</u> 30	<u>33</u> 28	<u>45</u> 40	<u>60</u> 55
		с 23 до 7 ч	<u>76</u> 71	<u>59</u> 54	<u>48</u> 43	<u>40</u> 35	<u>34</u> 29	<u>30</u> 25	<u>27</u> 22	<u>25</u> 20	<u>23</u> 18	<u>35</u> 30	<u>50</u> 45
2	Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам...	с 7 до 23 ч.	<u>90</u> 85	<u>75</u> 70	<u>66</u> 61	<u>59</u> 54	<u>54</u> 49	<u>50</u> 45	<u>47</u> 42	<u>45</u> 40	<u>44</u> 39	<u>55</u> 50	<u>70</u> 65
		с 23 до 7 ч	<u>83</u> 78	<u>67</u> 62	<u>57</u> 52	<u>49</u> 44	<u>44</u> 39	<u>40</u> 35	<u>37</u> 32	<u>35</u> 30	<u>33</u> 28	<u>45</u> 40	<u>60</u> 55
3	Площадки отдыха на территории больниц и санаториев	-	<u>76</u> 71	<u>59</u> 54	<u>48</u> 43	<u>40</u> 35	<u>34</u> 29	<u>30</u> 25	<u>27</u> 22	<u>25</u> 20	<u>23</u> 18	<u>35</u> 30	<u>50</u> 45
4	Административно-управленческая деятельность...	-	<u>93</u> 88	<u>79</u> 74	<u>70</u> 65	<u>68</u> 63	<u>58</u> 53	<u>55</u> 50	<u>52</u> 47	<u>52</u> 47	<u>49</u> 44	<u>60</u> 55	-
5	Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам	-	<u>103</u> 98	<u>91</u> 86	<u>83</u> 78	<u>77</u> 72	<u>73</u> 68	<u>70</u> 65	<u>68</u> 63	<u>66</u> 61	<u>64</u> 59	<u>75</u> 70	-

Для снижения уровней звука на территории защищаемых от шума объектов следует применять экраны и/или полосы зелёных насаждений, размещаемые между источниками шума и защищаемыми от шума объектами.

Для выбора экран комбинации шумозащитных мероприятий (полоса зелёных насаждений, экран, либо и то, и другое) следует руководствоваться расчётными схемами, показанными на рис. 1 и 2, а также данными, представленными в табл. 8, 9, 10.

Сначала рассматривается возможность устройства полосы зелёных насаждений. Предположим, что ширина полосы зелёных насаждений не должна превышать величины  $W_{\max} = 0,5 \times c - 25$ ), где  $c$  – расстояние от дороги до расчётной точки, м (см. рис. 1). Снижение уровня звука  $L_{A,зел}$  в дБА полосами зелёных насаждений следует принимать по табл. 8.

Таблица 8  
Снижение уровня звука полосами зеленых насаждений

Полоса зеленых насаждений	Ширина полосы в м	Снижение уровня звука $DL_{A,зел}$ в дБА
Однорядная при шахматной посадке деревьев внутри полосы	10-15	4-5
То же	16-20	5-8
Двухрядная при расстояниях между рядами 3...5 м; ряды аналогичны однорядной посадке	21-25	8-10
Двух- или трехрядная при расстояниях между рядами 3 м; ряды аналогичны однорядной посадке	26-30	10-12

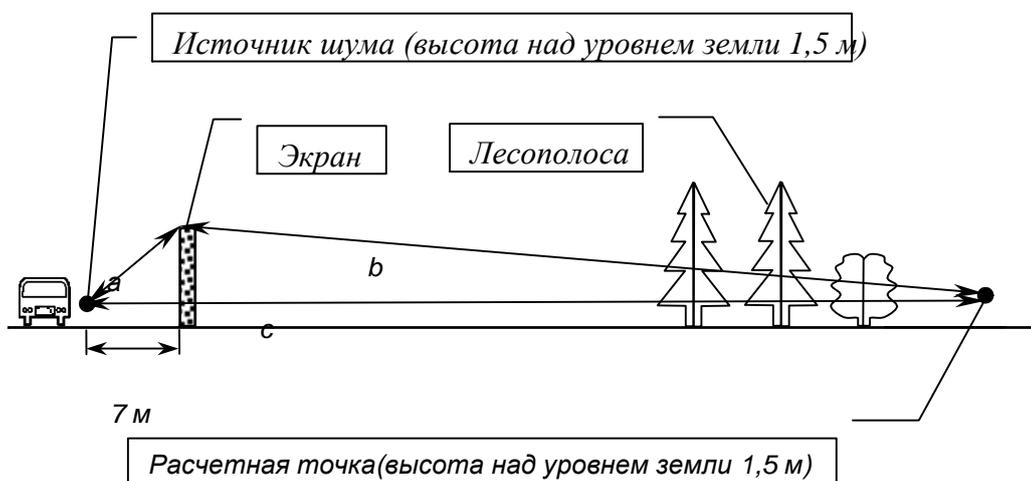


Рис. 1. Расчётная схема (вид сбоку) для определения характеристик шумозащитных мероприятий

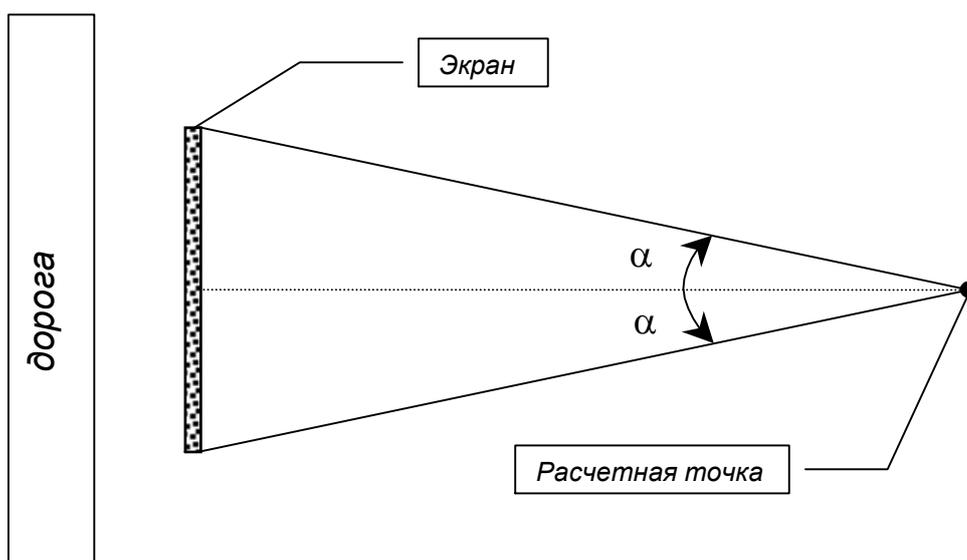


Рис. 2. Расчётная схема (вид сверху) для определения характеристик шумозащитных мероприятий

При посадке полос зеленых насаждений должно быть обеспечено плотное примыкание крон деревьев между собой и заполнение пространства под кронами до поверхности земли кустарником.

Полосы зеленых насаждений должны предусматриваться из пород быстрорастущих деревьев и кустарников, устойчивых к условиям воздушной среды в городах и других населенных пунктах и произрастающих в соответствующей климатической зоне.

Если устройства полосы зелёных насаждений недостаточно для обеспечения нормативов допустимого шума в расчётной точке, следует перейти к выбору параметров шумозащитного экрана.

Снижение уровней звука экранами  $\Delta L_{A,экр}$  в дБА от транспортных потоков следует определять в зависимости от величин:

$\Delta L_{A,экр,\delta}$  в дБА и  $L_{A,экр,\alpha}$  в дБА.

Снижение уровня звука экраном  $\Delta L_{A,экр,\delta}$  в дБА следует определять по табл. 9 в зависимости от разности длин путей прохождения звукового луча  $\delta$  в м при принятой высоте экрана.

Разность длин путей прохождения звукового луча  $\delta$  в м в соответствии со схемами экранов, приведенными на рис. 1, следует определять по формуле

$$\delta = (a + b) - c,$$

где  $a$  - кратчайшее расстояние между геометрическим центром источника шума и верхней кромкой экрана в м;

$b$  - кратчайшее расстояние между расчетной точкой и верхней кромкой экрана в м;

$c$  - кратчайшее расстояние между геометрическим центром источника шума и расчетной точкой в м.

Таблица 9  
Снижение уровня звука экраном  $\Delta L_{A,экр,\delta}$

Разность длин путей прохождения звукового луча $\delta$ в м	Снижение уровня звука экраном $\Delta L_{A,экр,\delta}$ в дБА	Разность длин путей прохождения звукового луча $\delta$ в м	Снижение уровня звука экраном $\Delta L_{A,экр,\delta}$ в дБА
0,005	6	0,48	16
0,02	8	0,83	18
0,06	10	1,4	20
0,14	12	2,4	22
0,28	14	6	24

Снижение уровня звука экраном  $\Delta L_{A,экр,\alpha}$  в дБА следует определять по табл. 10 в зависимости от величины  $\Delta L_{A,экр,\delta}$  в дБА и углов  $\alpha$  (см. рис. 2) при принятой длине экрана.

Таблица 10  
Снижение уровня звука экраном  $\Delta L_{A,экр,\alpha}$

Угол в градусах	45	0	55	60	65	70	75	80	5
$\Delta L_{A,экр,\delta}$ в дБА	Снижение уровня звука при данном угле $\alpha$ , $\Delta L_{A,экр,\alpha}$ в дБА								
6	1,2	1,7	2,3	3	3,8	4,5	5,1	5,7	6
8	1,7	2,3	3	4	4,8	5,6	6,5	7,4	8

10	2,2	2,9	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	9	10
12	2,4	3,1	4	5,1	6,2	7,5	8,8	10,2	11,7
14	2,6	3,4	4,3	5,4	6,7	8,1	9,7	11,5	13,3
16	2,8	3,6	4,5	5,7	7	8,6	10,4	12,4	15
18	2,9	3,7	4,7	5,9	7,3	9	10,8	13	16,8
20	3,2	3,9	4,9	6,1	7,6	9,4	11,3	13,7	18,7
22	3,3	4,1	5,1	6,3	7,9	9,3	11,9	14,5	20,7
24	3,5	4,3	5,8	6,5	8,2	10,2	12,6	15,4	22,5

Величину снижения уровня звука экраном  $\Delta L_{A,экp}$  в дБА при равенстве углов  $\alpha$  следует определять по формуле

$$\Delta L_{A,экp} = \Delta L_{A,экp,\alpha}$$

Таким образом, последовательность выбора параметров экрана выглядит следующим образом:

1. по табл. 10 выбираем одно или несколько значений снижения уровня звука экраном  $\Delta L_{A,экp}$  так, чтобы эффективность экрана была бы достаточной для соблюдения норм у расчётной точки (с учётом последующих округлений допустим возможность превышения норматива на 0,2 дБА);

2. определяем комбинацию  $\alpha$  и  $\Delta L_{A,экp,\delta}$  для каждого выбранного значения;

3. определяем требуемое значение  $\delta$  для каждой комбинации;

4. подбираем (итерациями: Выразив значения  $a$ ,  $b$  и  $c$  через  $h_{экp}$  и другие известные величины, задаются величиной  $h_{экp}$  (например, 2 метра) и, подставив в формулу, проверяют его истинность. Если истинность (с достаточной точностью) не достигнута, то величину  $h_{экp}$  изменяют, вновь подставляют в формулу и повторяют проверку) значение высоты шумозащитного экрана  $h_{экp}$  (с точностью до одной десятой метра), обеспечивающего соответствующее (чуть большее, чем требуемое) значение  $\delta$  для каждой комбинации, используя схему на рис. 1 и, выразив значения  $a$ ,  $b$  и  $c$  через  $h_{экp}$  другие известные величины;

5. вычисляем ширину экрана  $l_{экp}$  для каждой комбинации, используя схему на рис. 2;

6. вычисляем площадь экрана  $S_{экp}$  для каждой комбинации;

7. окончательно выбираем такую комбинацию, которая обеспечивает минимальную площадь экрана.

#### *Задание*

1. рассчитать эквивалентный уровень звука в расчётной точке придорожной территории,
2. сравнить с нормативом,
3. предложить шумозащитные мероприятия.

#### *Исходные данные*

Имеется участок автомобильной дороги с заданными характеристиками. В придорожной полосе находится расчётная точка. Схема расположения дороги и расчётной точки показана на рис. 1 и 2. Исходные данные для задачи приведены ниже.

№ п/п	Уклон дороги, %	Вид покрытия	Интенсивность движения, АТС/ч	Средняя скорость движения транспортного потока, км/ч	Доля грузовых и автобусов (бензиновых), %	Доля грузовых и автобусов (дизельных), %	Расстояние до расчётной точки, м	Тип территории, на которой расположена расчётная точка
1	30	Цементобетон	1500	60	10	15	90	Жилые дома
2	30	Асфальтобетон	1000	70	15	10	85	Больница
3	60	Мелкозернистый асфальтобетон	3000	40	20	10	100	Жилые дома
4	40	Крупнозернистый асфальтобетон	500	50	25	20	75	Жилые дома
5	30	Мелкозернистый асфальтобетон	1500	50	15	15	110	Больница
6	20	Крупнозернистый асфальтобетон	3000	40	10	10	80	Больница
7	50	Цементобетон	1500	40	5	15	70	Жилые дома
8	20	Асфальтобетон	1000	60	10	5	55	Жилые дома
9	30	Крупнозернистый асфальтобетон	3000	50	15	20	60	Жилые дома
10	20	Цементобетон	3000	60	20	20	80	Жилые дома

*Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров /С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.

2. Матрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учебное пособие для вузов / Б. С. Матрюков. - М.: Академия, 2011. - 368 с.

**Практическое занятие №12**

**Оценка шумового воздействия систем вентиляции с механическим побуждением на прилегающую территорию**

*Форма проведения* – решение задач.

*Цель:* Рассчитать суммарный уровень звука в заданной расчётной точке от работы систем вентиляции объекта.

*Теоретические основы*

Октавные уровни звукового давления  $L$  в дБ в расчетных точках, если источник шума и расчетные точки расположены на территории жилой застройки или на площадке предприятия, следует определять по формуле

$$L = L_p - 15 \lg r + 10 \lg \Phi - \frac{\beta_a r}{1000} - 10 \lg \Omega$$

где  $L_p$  - октавный уровень звуковой мощности в дБ источника шума;

$\Phi$  - фактор направленности источника шума, безразмерный, определяется по опытным данным. Для источников шума с равномерным излучением звука следует принимать  $\Phi = 1$ ;

$r$  - расстояние в м от источника шума до расчетной точки;

$\Omega$  - пространственный угол излучения звука, принимаемый для источников шума, расположенных:

$\Omega$  в пространстве -  $\Omega = 4\pi$ ;

$\Omega$  на поверхности территории или ограждающих конструкций зданий и сооружений -  $\Omega = 2\pi$ ;

$\Omega$  в двухгранном углу, образованном ограждающими конструкциями зданий и сооружений, -  $\Omega = \pi$ ;  
 $\beta_a$  - затухание звука в атмосфере в дБ/км, принимаемое по табл. 1.

Таблица 1  
Затухание звука в атмосфере

Среднегеометрические частоты октавных полос в Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\beta_a$ , дБ/км	0	0,7	1,5	3	6	12	24	48

Паспортные характеристики некоторых моделей вентиляторов представлены в табл. 2. Они характеризуют звуковую мощность непосредственно перед входом или выходом из вентилятора. К вентиляторам присоединяются воздуховоды, по которым движется воздух и распространяется шум. Распространяясь по воздуховодам, шум постепенно затухает, кроме того, в месте окончания воздуховода (например, воздухозаборная решётка или диффузор) происходит отражение звуковой волны обратно в воздуховод. Прямая и обратная звуковые волны определённой частоты могут, накладываясь, гасить друг друга. Поэтому, чтобы определить уровень звуковой мощности вентиляторов на срезе воздухозаборной решётки (для приточной системы), или на срезе выпускных отверстий (для вытяжных систем) необходимо учесть поправки, представленные в табл. 3 и 4.

Суммарное снижение уровней звуковой мощности по пути распространения шума следует определять последовательно для каждого элемента сети воздуховодов и затем суммировать.

Снижение октавных уровней звуковой мощности в дБ на 1 м длины в прямых участках металлических воздуховодов прямоугольного и круглого сечений следует принимать по табл. 3.

Снижение октавных уровней в звуковой мощности в дБ в результате отражения звука от открытого среза воздуховода или воздухозаборной решетки следует определять по табл. 4.

Таблица 2  
Уровни звуковой мощности вентиляторов

Тип вентилятора	Уровни звуковой мощности в дБ при среднегеометрической частоте октавных полос в Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ВР-300-45-2 (Мовен)	71	71	75	77	84	70	67	60
ВР-300-45-2,5 (Мовен)	76	76	77	78	79	74	72	70
ВР-300-45-3,15 (Мовен)	74	74	76	82	69	66	59	56
ВР-300-45-4 (Мовен)	82	83	83	85	81	78	75	68
СК-100-А (Ostberg)	47	50	55	57	57	51	44	27
СК-100-С (Ostberg)	52	56	63	64	64	58	52	37
СК-125-А (Ostberg)	44	48	52	55	54	51	44	29
СК-125-С (Ostberg)	50	55	61	66	64	62	55	39
СК-160-В (Ostberg)	47	53	59	61	62	60	57	41
СК-160-С (Ostberg)	47	56	65	69	69	60	61	45
RP 50-25/22-6D (Remak)	58	8	62	57	57	57	54	44
RP 50-30/25-4D (Remak)	67	67	65	63	67	68	65	57
RP 60-30/28-4D (Remak)	70	70	68	67	72	72	69	61
RP 60-35/31-4D (Remak)	72	72	67	67	71	71	69	60
RP 70-40/35-4D (Remak)	77	77	75	74	78	78	74	64
RP 80-50/40-6D (Remak)	70	70	66	69	71	70	66	58

Таблица 3  
Снижение звуковой мощности вентиляторов в прямых  
воздуховодах

Форма поперечного сечения воздуховода	Гидравлический диаметр в мм	Снижение уровней звуковой мощности в дБ/м при среднегеометрической частоте октавных полос в Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Прямоугольная	От 75 до 200	0,6	0,6	0,45	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	» 210 » 400	0,6	0,6	0,45	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
	» 410 » 800	0,6	0,6	0,3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	» 810 » 1600	0,45	0,3	0,15	0,1	0,06	0,06	0,06	0,06
Круглая	От 75 до 200	0,10	0,1	0,15	0,15	0,3	0,3	0,3	0,3
	» 210 » 400	0,06	0,1	0,1	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2
	» 410 » 800	0,03	0,06	0,06	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15
	» 810 » 1600	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Для оценки шума одним числом, учитывающим субъективное восприятие его человеком, используется "уровень звука" (в дБА). Для вычисления уровня звука в дБА октавные уровни звукового давления корректируются по кривой частотной коррекции «А», характеризующей приближенно частотную характеристику восприятия шума человеческим ухом, а затем вычисляется уровень звука в дБА по следующей формуле:

$$L_A = 10 \lg \sum_{i=1}^8 10^{\left(\frac{L_i}{10}\right)}$$

где  $L_i$  – скорректированные по шкале «А» октавные уровни звукового

давления, дБ.

Таблица 4

Снижение звуковой мощности вентиляторов в результате  
отражения звука от открытого среза воздуховода

Диаметр воздуховода или корень квадратный из площади поперечного сечения конца прямоугольного воздуховода или решетки в мм	Снижение октавных уровней звуковой мощности в дБ при среднегеометрической частоте октавной полосы в Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
25	24	22	19	15	10	6	2	0
50	22	19	15	10	5	2	0	0
80	20	16	11	7	3	0	0	0
100	19	14	10	5	2	0	0	0
125	18	13	8	4	1	0	0	0
140	16	12	8	4	1	0	0	0
160	16	11	7	3	0	0	0	0
180	15	11	6	2	0	0	0	0
200	14	10	6	2	0	0	0	0
225	14	9	5	1	0	0	0	0
250	13	8	4	1	0	0	0	0
280	12	8	3	1	0	0	0	0
315	11	7	3	0	0	0	0	0
355	11	6	2	0	0	0	0	0
400	10	5	2	0	0	0	0	0
450	8	5	1	0	0	0	0	0
500	8	4	1	0	0	0	0	0
560	8	3	1	0	0	0	0	0
600	7	3	1	0	0	0	0	0
710	6	2	0	0	0	0	0	0
900	5	2	0	0	0	0	0	0

Поправки к октавным уровням звукового давления для коррекции по шкале «А» представлены в табл. 5.

Таблица 5  
Поправки взвешивающего фильтра «А»

Среднегеометрическая частота октавных полос в Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Поправки, дБ	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1

Суммарный уровень звука  $L_{A\Square\Square}$  в дБА в расчетной точке при наличии нескольких источников шума следует определять от каждого источника шума в отдельности и полученные величины суммировать (по энергии) в соответствии с табл. 6.

Таблица 6  
Поправки для определения суммарного уровня шума от нескольких источников шума

Разность двух складываемых уровней, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка к более высокому уровню, необходимая для получения суммарного уровня, дБ	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

При пользовании табл. 6 следует последовательно складывать уровни звука в дБА, начиная с максимального. Сначала следует определять разность двух складываемых уровней, затем соответствующую этой разности добавку. После этого добавку следует прибавить к большему из складываемых уровней. Полученный уровень складывают со следующим и т.д.

Если уровни звукового давления или суммарный уровень звука в расчетной точке превышают нормативные значения, следует предусматривать шумозащитные мероприятия. Наиболее эффективным мероприятием является установка глушителя на участке воздуховода, идущего от вентилятора к впускному или выпускному срезам. В этом случае октавные уровни звуковой мощности вентиляторов следует уменьшать в соответствии с характеристиками глушителя, представленными в табл. 7 и 8.

Таблица 7  
Характеристики круглых шумоглушителей

Тип глушителя	□ □ воздуховода, мм	Снижение октавных уровней звуковой мощности в дБ при среднегеометрической частоте октавной полосы в Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
SLU 100/900	100	8	9	22	32	36	33	31	28
SLU 125/900	125	6	7	16	28	38	38	35	33

SLU 160/900	160	7	8	14	23	39	37	25	23
-------------	-----	---	---	----	----	----	----	----	----

Таблица 8

Характеристики прямоугольных шумоглушителей

Тип глушителя	Сечение воздуховода, мм	Снижение октавных уровней звуковой мощности в дБ при среднегеометрической частоте октавной полосы в Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ТН 500x250	500x250	3	5	9	18	23	23	21	16
ТН 5000x300	500x300	3	5	9	18	23	23	21	16
ТН 6000x300	600x300	3	6	11	22	27	30	26	21
ТН 600x350	600x350	3	6	11	22	27	30	26	21
ТН 700x400	700x400	3	6	10	20	25	28	24	18
ТН 800x500	800x500	3	6	11	22	27	30	26	21

*Порядок выполнения работы*

1. Определить акустические характеристики агрегатов систем вентиляции согласно варианту исходных данных и табл. 1.
2. Определить нормативную частотную характеристику для заданного типа расчётной точки согласно варианту исходных данных.
3. Определить снижение звуковой мощности источников шума в воздуховодах и рассчитать уровень звуковой мощности вентиляторов на срезе воздухозаборных/воздуховыпускных отверстий систем вентиляции.
4. Рассчитать уровни звукового давления и уровень звука от каждого источника шума в расчётной точке.
5. Сравнить полученные значения с нормативными и обосновать необходимость шумозащитных мероприятий.
6. Выбрать шумозащитные мероприятия (глушители шума) и определить характеристики шумоподавления по табл. 7 и 8.
7. Повторить пункты 3...5 для источников шума с глушителями шума.
8. Рассчитать суммарный уровень звука в расчётной точке.
9. Результаты расчётов следует оформить в виде таблиц по форме табл. 9 (по каждому источнику шума до и после установки глушителя) и таблиц по форме табл. 10 (до и после установки глушителя).
10. Сравнить полученное значение с нормативным и сделать выводы о достаточности предложенных шумозащитных мероприятий.

Таблица 9

Результаты расчёта (по каждому источнику шума)

	Октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звуковой мощности источника шума дБ								
Форма поперечного сечения воздуховода								

Ширина, мм								
Высота, мм								
Гидравлический диаметр воздуховода, мм								
Снижение звуковой мощности в воздуховоде, дБ/м								
Длина воздуховода, м								
Снижение звуковой мощности в результате отражения звука от открытого конца воздуховода или решетки, дБ								
Снижение звуковой мощности глушителем, дБ								
Звуковое давление на срезе, дБ								
Снижение шума в атмосфере, дБ/км								
Расстояние до расчетной точки, м								
Фактор направленности								
Угол излучения звука								
Звуковое давление у расчетной точки, дБ								
Норма, дБ								
Превышение, дБ								
Фильтр кривой коррекции «А», дБ								
Итого, дБ								
Уровень звука, дБА								
Норма, дБА								
Превышение, дБА								

Таблица 10

Результаты расчёта (по всем источникам шума суммарно)

Источник с максимальным уровнем звука, дБА	
Источник со средним уровнем звука, дБА	
Разница, дБА	
Поправка, дБА	
Суммарный уровень звука, дБА	
Источник с минимальным уровнем звука, дБА	
Разница, дБА	
Поправка, дБА	
Суммарный итоговый уровень звука, дБА	

*Исходные данные*

В жилой зоне предполагается расположить некий объект, имеющий три

системы вентиляции с принудительным побуждением. Вентилятор приточной системы П1 расположен внутри здания, а на фасад выведена воздухозаборная решётка. Вентилятор вытяжной системы В1 расположен в венткамере на кровле здания, а выпуск воздуха производится вверх (факельный выброс). Вентилятор вытяжной системы В2 расположен внутри здания, а выпуск воздуха производится через решётку, расположенную на фасаде здания. Схема расположения источников шума и расчётной точки показана на рис. 1.

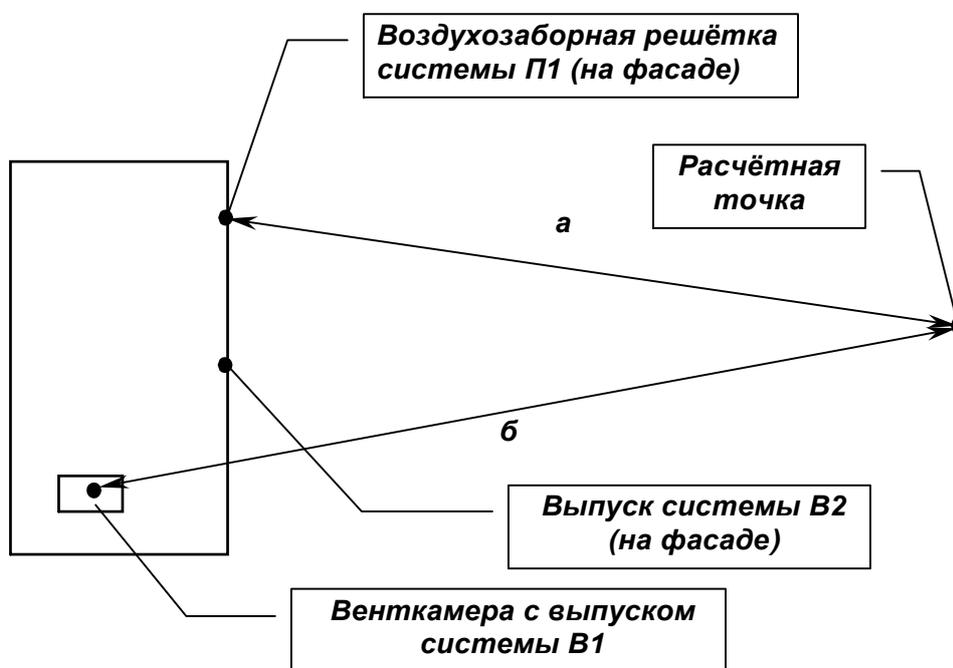


Рис. 1. Расчётная схема расположения источников шума и расчётной точки

#### *Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров /С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие для вузов / В.А. Акимов [и др.]. – М.: Высшая школа, 2006. – 591 с.

### **Практическое занятие №13 Расчет зоны ЧС при землетрясениях**

Землетрясение – явление природы, связанное с сжатием, сдвигом и колебаниями земли.

Основные характеристики землетрясений:

1. Энергия, выделяющаяся при землетрясении, Дж:

$$E=10^{(5,24+1,44M)},$$

где М –магнитуа –мощность землетрясения, выраженная максимальной амплитудой смещения почвы в миллиметрах на расстоянии 100 км, измеряемая в баллах по шкале Рихтера (0-9) и равная

$$M = \frac{\lg E - 5,24}{1,44}$$

2. Интенсивность землетрясения  $J$  (энергия на поверхности земли) – колебания грунта у поверхности земли, измеряемая в баллах (0-12). Максимальная интенсивность в эпицентре землетрясения  $J_0$ :

$$J_0 = 1,5M - 3,5 \lg H + 3,$$

где  $H$  – глубина гипоцентра землетрясения, км. При отсутствии данных о глубине гипоцентра

$$J_0 \gg 1,5(M-1)$$

Интенсивность землетрясения на расстоянии  $R$  от его эпицентра (эпицентральное расстояние) для однотипного грунта определяется:

$$J_0 = 1,5 \cdot M - 3,5 \cdot \lg \sqrt{R^2 + H^2} + 3$$

Реальную интенсивность  $J_R^*$  землетрясения, учитывающую влияние типа грунта под застройкой и на остальной окружающей местности, можно определить:

$$J_R^* = J_R - (\Delta J_M - \Delta J_3),$$

где  $\Delta J_3$  – приращение балльности для грунта, на котором построено здание (по сравнению с гранитом);

$\Delta J_M$  – приращение балльности для грунта в окружающей местности.

Значения  $\Delta J_M$  и  $\Delta J_3$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

Приращение балльности для различных грунтов

Тип грунта	$(\Delta J_M - \Delta J_3)$
Гранит	0
Известняк	0,52
Щебень, гравий, галька	1,36
Полускальные грунты (гипс)	0,92
Песчаные	1,6
Глинистые	1,61
Насыпные рыхлые	2,6

3. Расстояние  $R$ , км, от эпицентра, на котором возможно возникновение колебаний определенной интенсивности:

$$R = H \sqrt{10^{0,57 \cdot (J_0 - J_R)} - 1}$$

4. Время прихода продольных сейсмических волн – I фаза землетрясения,  $t_1$ , с

$$t_1 = \frac{\sqrt{(R^2 + H^2)}}{V_{np}}$$

где  $V_{np}$  – средняя скорость распространения продольных волн, км/с.

Для гранита  $V_{np} = 6,9$  км/с, осадочных пород – 6,1 км/с, песчаники, известняки – 1,5-5,6 км/с, полускальные (гипс, мергель, глинистые сланцы) – 1,4-3,6 км/с, крупнообломочные (галька, гравий) – 1,1-2,1 км/с, насыпные грунты – 0,2-0,5 м/с, песок – 0,7-1,6 к/с, глина, суглинок, супесь – 0,5-1,5 км/с.

5. Время прихода поверхностных сейсмических волн – главная (II) фаза землетрясения,  $t_{II}$ , с:

$$t_{II} = \frac{H}{V_{np}} + \frac{R}{V_{пов}}$$

где  $V_{пов}$  – средняя скорость распространения поверхностных волн. Для гранита  $V_{пов} = 5,6$  км/с, известняки – 4,0 км/с, щебень, гравий, галька – 1,5 км/с, песчаный грунт – 1,2 км/с, глинистый грунт – 1 к/с, насыпной грунт – 0,35 км/с.

Интервал времени от наступления первой фаз землетрясения до наступления главной фазы  $\Delta t$ , с:

$$\Delta t = t_{II} - t_I$$

6. Степени разрушения зданий и сооружений при землетрясениях определяется по таблице 2.

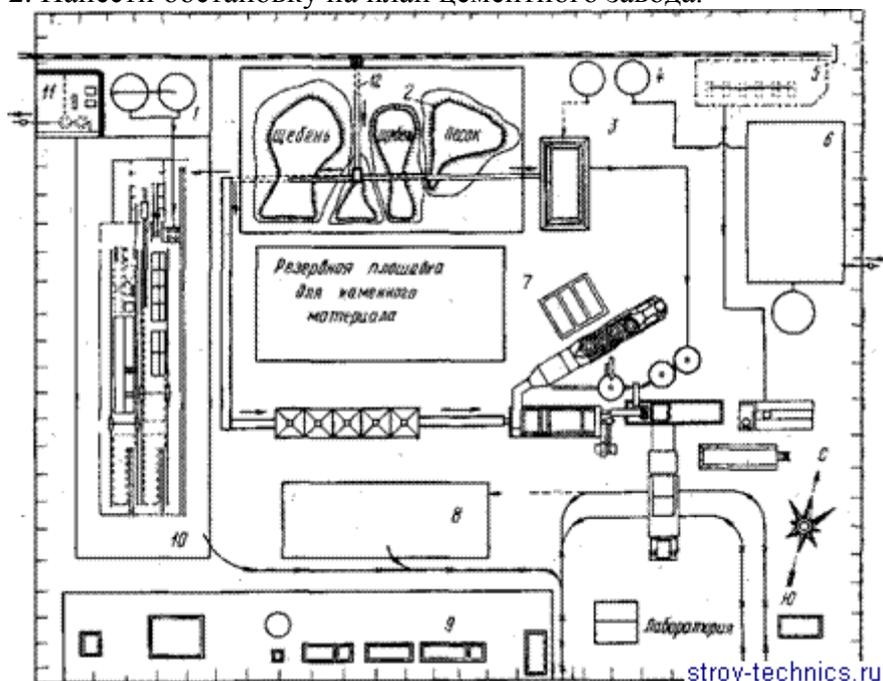
Таблица 2  
Характеристика землетрясений

Интенсивность (J), шкала MSK, балл	$\Delta P_{\phi}$ , кгс/см <sup>2</sup>	Тип землетрясения	Магнитуда, М	Последствия разрушения
IV		Среднее	3	Разрушение остекления, ощущаются толчки в помещениях
V-VI	6-7,5 баллов $\Delta P_{\phi}=0,1-0,2$ кгс/см <sup>2</sup>	Сильное	5	Средние разрушения деревянных зданий, слабые - кирпичных
VII		Очень сильное	5,5-6	Сильные разрушения деревянных зданий, средние – кирпичных, слабые – промышленных каркасных зданий
VIII	7,5-9 баллов $\Delta P_{\phi}=0,3-1$ кгс/см <sup>2</sup>	Разрушительное	6-6,5	Полное разрушение деревянных зданий, сильные – кирпичных, среднее- ж/б промышленных зданий, трещины в почве, возможны пожары
IX		Опустошительное	7	Полное разрушение деревянных, кирпичных, промышленных зданий ж/б каркасных, разрыв коммуникаций, пожары
X	>9 баллов $\Delta P_{\phi}>1$ кгс/см <sup>2</sup>	Уничтожающее	7,5	Обвалы, разрушение магистралей, полное разрушение всех зданий, пожары
XI-XII		Катастрофическое. Абсолютное	8-9	Полное разрушение зданий. Оползни, обвалы. Изменение течения рек и рельефа, пожары

*Задание к практической работе*

1. Оценить обстановку и степень разрушения зданий на цементном заводе на расстоянии 50 км от эпицентра землетрясения в 6 баллов. Глубина гипоцентра 30 км. Здания построены на насыпном грунте, остальной грунт песчаный.

2. Нанести обстановку на план цементного завода.



Генеральный план АБЗ комплексного типа:

1 — склад цемента; 2 — склад каменных материалов; 3 — цех минерального порошка; 4 — склад ПАВ и эмульгатора; 5 — битумохранилище; 6 — эмульсионный цех; 7 — цех приготовления асфальтобетона; 8 — склад холодного асфальта и черного щебня; 9 — бытовые и административно-хозяйственные помещения; 10 — полигон ЖБК; 11 — склад топлива и масел; 12 — транспортер

На плане обозначить границы разрушения: слабые, сильные, средние, полные; степень разрушения зданий: зеленый — слабые, красный — сильные, желтый — средние, синий — полные.

*Варианты задания*

№	Интенсивность землетрясения в эпицентре $J_0$ , балл	Глубина гипоцентра $H$ , км	Тип грунта под сооружением	Тип грунта вне сооружения	Расстояние от эпицентра $R$ , км	Тип зданий
1	5	20	Насыпной	Песок	30	Цех
2	6	30	Насыпной	Известняк	40	Кирпичные
3	7	10	Гранит	Гравий	50	Деревянные
4	8	30	Гранит	Глина	60	Ж/б
5	9	40	Гранит	Гранит	100	Панельные
6	10	50	Щебень	Песок	100	Каркасные
7	11	50	Глина	Осадочные породы	70	Кирпичные

*Литература для подготовки к занятию*

1. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие для вузов / В.А. Акимов [и др.]. – М.: Высшая школа, 2006. – 591 с.

2. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учебное пособие для вузов / Б. С. Мاستрюков. - М.: Академия, 2011. - 368 с.

#### **Практическое занятие №14** **Оценка обстановки при авариях на химически опасных объектах** **(10 ч, самостоятельная работа —10 ч)**

*Форма проведения* - семинар.

*Цель:* Ознакомление с методами проведения оценки и прогнозирования чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах.

*Рассматриваемые вопросы:*

1. Химическая безопасность населения: основные понятия, нормативная документация
2. Химическое заражение.
3. Прогнозирование и оценка обстановки при выбросах АХОВ в окружающую среду
4. Определение возможных потерь населения в очаге химического поражения.
5. Решение задач.

*Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.

2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров /С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.

3. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие для вузов / В.А. Акимов [и др.]. – М.: Высшая школа, 2006. – 591 с.

4. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учебное пособие для вузов / Б. С. Мاستрюков. - М.: Академия, 2011. - 368 с.

#### **Практическое занятие №15** **Расчет молниезащиты зданий и сооружений**

Молниезащита включает комплекс мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от взрывов, загораний и разрушений, возможных при воздействии молнии. Проектирование и изготовление молниезащиты должны выполняться с учетом норм и требований Руководящего документа РД 34.21.122-87, который распространяется на новые, реконструируемые и расширяемые здания и сооружения. Нормы и требования не распространяются на проектирование и устройство молниезащиты линий электропередач, контактных сетей, а также зданий и сооружений, эксплуатация которых связана с применением, производством или хранением взрывчатых веществ.

В соответствии с назначением зданий и сооружений необходимость выполнения молниезащиты, ее категория, а при использовании стержневых и тросовых молниеотводов – тип зоны защиты определяются по табл.1 в зависимости от среднегодовой продолжительности гроз, а также от ожидаемого количества поражений здания или сооружения молнией в год.

Таблица 1  
Категории молниезащиты и типы зон защиты

Здания и сооружения (класс)	Местоположение	Типы зон защиты при использовании стержневых и тросовых молниеотводов	Категория молниезащиты
Здания и сооружения или их части, которые согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) относятся к зонам классов В-I и В-II	На всей территории РФ	Зона А	I
Здания и сооружения или их части, которые согласно ПУЭ относятся к зонам классов В-Iа, В-Iб, В-IIа Наружные установки, создающие согласно ПУЭ зону класса В-Iг	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч/год и более На всей территории РФ	При ожидаемом количестве поражений молнией в год здания или сооружения: при $N > 1$ – зона А; при $N \leq 1$ – зона Б Зона Б	II
Здания и сооружения или их части, которые согласно ПУЭ относятся к зонам классов П-I, П-II, П-IIа	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч/год и более	Для зданий и сооружений I и II степени огнестойкости при $0,1 < N \leq 2$ и для III, IV, V степени огнестойкости при $0,02 < N \leq 2$ – зона Б; при $N > 2$ – зона А	III
Наружные установки, открытые склады, создающие согласно ПУЭ зону класса П-III	То же	При $0,1 < N \leq 2$ – зона Б При $N > 2$ – зона А	III
Здания и сооружения III, IV, V степени огнестойкости (в том числе здания из легких металлоконструкций с покрытием, имеющим сгораемый утеплитель), в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	То же	При $0,1 < N \leq 2$ – зона Б При $N > 2$ – зона А	III
Здания вычислительных центров	То же	Зона Б	II

*Примечания:* 1 Зона защиты типа А обладает надежностью 99,5 % и выше, типа Б – 95 % и выше.

2 Устройства молниезащиты обязательны при одновременном выполнении условий, указанных в таблице.

Ожидаемое количество поражений молнией в год зданий и сооружений прямоугольной формы определяется по формуле

$$N = ((S + 6h_{30}) \cdot (L + 6h_{30})) \cdot n \cdot 10^{-6}.$$

Для сосредоточенных зданий и сооружений (башен, вышек, дымовых труб)

$$N = 9\pi h_{30}^2 \cdot n \cdot 10^{-6},$$

где  $S$ ,  $L$  – соответственно ширина и длина зданий, м; для зданий и сооружений сложной конфигурации в плане при расчете  $N$  в качестве  $S$  и  $L$  принимаются ширина и длина наименьшего описанного прямоугольника;

$h_{30}$  – наибольшая высота здания или сооружения, м;

$n$  – среднегодовое число ударов молнии в 1 км<sup>2</sup> земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю) в месте расположения здания или сооружения.

Значения  $n$  в зависимости от среднегодовой продолжительности гроз приведены в табл. 2.

Таблица 2

Удельная плотность ударов молнии в землю

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	10–20	20–40	40–60	60–80	80–100	100 и более
$n$	1	2	4	5,5	7	8,5

Средняя за год продолжительность гроз в отдельных регионах и промышленных центрах РФ определяется либо по карте (см. РД 34.21.122-87), либо по утвержденным для некоторых областей региональным картам продолжительности гроз, либо по средним многолетним (порядка 10 лет) данным метеостанций, ближайших от места нахождения здания или сооружения.

Укрупненные данные о среднегодовой продолжительности гроз приведены ниже:

Анадырь, Верхоянск, Магадан, Мурманск, Норильск, Петропавловск-Камчатский, Хатанга, Южно-Сахалинск – менее 10;

Архангельск, Астрахань, Игарка – от 10 до 20;

Иркутск, Казань, Калининград, Киров, Комсомольск-на-Амуре, Красноярск, Ленинград, Москва, Петрозаводск, Ульяновск, Хабаровск – от 20 до 40;

Барнаул, Волгоград, Горький, Кемерово, Куйбышев, Минск, Новгород, Новосибирск, Омск, Псков, Ростов-на-Дону, Свердловск, Симферополь, Тула, Уфа, Челябинск, Чита – от 40 до 60;

Краснодар, Курск, Орел, Смоленск – от 60 до 80;

Майкоп – более 100.

Здания и сооружения, отнесенные к I и II категориям молниезащиты, должны быть защищены от прямых ударов молнии, вторичных появлений молнии и заноса высокого потенциала через наземные, надземные и подземные металлические коммуникации. Здания и сооружения, отнесенные к III категории молниезащиты, должны быть защищены от прямых ударов молнии и заноса высокого потенциала через наземные и надземные металлические коммуникации.

Для зданий и сооружений, совмещающих в себе помещения I и II или I и III категории молниезащиты, необходимо, как правило, выполнять молниезащиту по I категории. Если площадь помещений I категории молниезащиты составляет менее 30 % площади всех помещений здания, то молниезащиту всего здания допускается выполнять по II категории независимо от категории остальных помещений. При этом на вводе в помещения I категории должна быть предусмотрена соответствующая этой категории защита от заноса высокого потенциала по надземным и подземным металлическим коммуникациям.

Для зданий и сооружений, совмещающих помещения II и III категории молниезащиты, необходимо, как правило, выполнять молниезащиту по II категории. Если площадь помещений II категории менее 30 % площади всех помещений здания, то молниезащиту всего здания допускается выполнять по III категории, предусмотрев при этом защиту от заноса высокого потенциала в помещения II категории по всем коммуникациям в соответствии с требованиями, установленными для II категории зданий и сооружений.

Для зданий и сооружений, более 70 % площади которых составляют помещения, не подлежащие молниезащите, а остальную часть составляют помещения I, II или III категории молниезащиты, должна быть предусмотрена защита только от заноса высоких потенциалов по металлическим коммуникациям, устройство которой необходимо выполнять с учетом категории молниезащиты.

Наружные установки, отнесенные ко II категории молниезащиты, должны быть защищены от прямых ударов и вторичных проявлений молний, а наружные установки III категории молниезащиты – от прямых ударов молнии.

При определении размеров и формы зоны защиты необходимо учитывать высоту и форму в плане защищаемого здания или сооружения.

При наличии на зданиях и сооружениях I категории молниезащиты прямых газоотводящих или дыхательных труб для свободного отвода в атмосферу газов, паров и взвесей взрывоопасной концентрации в зону защиты молниеотводов должно входить пространство над обрезом труб, ограниченное радиусом 5 м. Для газоотводных и дыхательных труб, оборудованных колпаками, в зону защиты молниеотводов должно входить пространство над обрезом труб, ограниченное цилиндром высотой  $H$  и радиусом  $R$ :

- для газов тяжелее воздуха при избыточном давлении внутри установки менее 5 кПа  $H = 1$  м;  $R = 2$  м;
- для газов тяжелее воздуха при избыточном давлении внутри установки от 5 до 25 кПа и для газов легче воздуха при избыточном давлении внутри установки до 25 кПа  $H = 2,5$  и  $R = 5$  м;
- при избыточном давлении внутри установки свыше 25 кПа  $H = 5$  м;  $R = 5$  м.

Указанные требования к размерам зон защиты распространяются и на наружные установки или резервуары II категории молниезащиты, имеющие газоотводные или дыхательные трубы.

Защите от прямых ударов молнии подлежат также дыхательные клапаны и пространство над ними, ограниченное цилиндром высотой 2,5 м и радиусом 5 м. Для резервуаров с плавающими крышками или понтонами в зону защиты молниеотвода должно входить пространство, ограниченное поверхностью, любая точка которого удалена на 5 м от легковоспламеняющейся жидкости (ЛВЖ) в кольцевом зазоре.

Для защиты от вторичных проявлений молний:

- металлические корпуса всего оборудования и аппаратов, установленных в здании или сооружении, должны быть присоединены к заземляющему устройству электроустановок, выполненному в соответствии с ПУЭ, или к железобетонному фундаменту зданий, используемому в качестве заземлителя молниеотвода;
- внутри здания между трубопроводами и другими протяженными металлическими конструкциями в местах их взаимного сближения на расстоянии менее 100 мм через каждые 20 м должны быть установлены перемычки из стальной проволоки;
- во фланцевых соединениях трубопроводов внутри здания должна быть обеспечена нормальная затяжка – не менее четырех болтов на каждый фланец.

Защита от заноса высокого потенциала по подземным коммуникациям достигается за счет их присоединения на вводе в здание или сооружение к заземлителю защиты от прямых ударов молнии.



1	Киров	П-III	Жилой дом	6	4	4	-	250
2	Уфа	В-III	Цех	16	8	6	-	150
3	Брянск	В-I	Цех	20	8	6	-	120
4	Смоленск	П-II	Цех	18	6	6	-	150
5	Ростов-на-Дону	П-II	Столовая	24	8	8	-	220
6	Норильск	П-III	Водонапорная башня	-	-	12	2/4	180

*Порядок выполнения работы*

1. Определить категорию молниезащиты, класс взрывоопасной зоны, степень огнестойкости строительных конструкций, тип зоны защиты.
2. Определить удельную плотность ударов молнии в землю.
3. Определить ожидаемое количество поражений молнией объекта в год и выбрать тип зоны защиты, если она не predetermined категорией молниезащиты.
4. Выбрать расстояние от объекта до опоры молниевода.
5. Построить эскиз зон защиты заданного варианта молниезащиты.

*Литература для подготовки к занятию*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров /С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков; ред. С.В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.
4. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие для вузов / В.А. Акимов [и др.]. – М.: Высшая школа, 2006. – 591 с.
5. Мастрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учебное пособие для вузов / Б. С. Мастрюков. - М.: Академия, 2011. - 368 с.

### ЗАДАНИЯ И ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Наименование работы	Всего часов	Форма контроля
1.	Проработка лекционного материала	15	Опрос, тест
2.	Подготовка к практическим занятиям	54	Опрос, отчет по практ. работе
3.	Изучение тем теоретической части курса, отводимых на самостоятельную проработку	9	Опрос, выступление на семинаре
4.	Курсовая работа	46	Устный отчет на консультациях по КР
5.	Подготовка и сдача экзамена	36	Сдача экзамена
	<b>Всего самостоятельной работы</b>	<b>124 часа</b>	

## ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

### Тема 1. Анализ опасностей

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Схемы воздействия опасностей на человека в техносфере.
2. Схема воздействия опасностей техносферы на природную среду.
3. Варианты взаимного расположения объектов защиты и опасных зон в условиях производства и в природной среде.
4. Анализ состояния опасных зон при совокупном и многофакторном воздействии источников опасностей.

*Литература:*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров / С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков; ред. С.В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.
4. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие для вузов / В.А. Акимов [и др.]. – М.: Высшая школа, 2006. – 591 с.

### Тема 2. Минимизация опасностей

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Способы минимизации опасностей.
2. Нормирование выбросов, сбросов.
3. Защита расстоянием, временем, экранированием.
4. Создание зоны качественной техносферы на территории производственных объектов, в условиях города и в регионах.
5. Малоотходные производства. Этапы их создания.
6. Способы минимизации чрезвычайных опасностей.
7. Оценка надежности и работоспособности техники.
8. Защита на пожароопасных и взрывоопасных объектах; защита на химически опасных и радиоактивно опасных объектах.
9. Защита от механического травмирования и электробезопасность.
10. Защита от стихийных явлений.
11. Применение средств и устройств индивидуальной защиты.

*Литература:*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров / С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.

### Тема 3. Устойчивое развитие системы «человек – природа – техносфера»

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Роль устойчивого развития в минимизации опасностей.
2. Признаки устойчивого развития: стабилизация численности населения; формирование у населения рационально обоснованного использования природных ресурсов и утилизации отходов; всемерное сдерживание развития техносферы;

рациональное управление потоками вещества, энергии в пространстве и во времени; создание качественного техносферного пространства.

*Литература:*

1. Белов С.В. Ноксология: учебник для вузов / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; ред. С.В. Белов. - М.: Юрайт, 2013. - 430 с.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров /С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. – 683 с.

### **ПРИМЕРЫ ТЕСТОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ**

Вопрос 1. Наука об опасностях материального мира Вселенной – это ...

1. экология; 2. Безопасность жизнедеятельности; 3. ноксология; 4. Гражданская оборона.

Вопрос 2. К основным задачам ноксологии относятся...

1. Изучение происхождения и совокупного действия опасностей; 2. Изучение процессов и источников воздействия на среду обитания; 3. Изучение градостроительных мероприятий по охране окружающей среды; 4. Изучение мониторинга городской среды; 5. все перечисленное.

Вопрос 3. Воздействие потоков на человека, соответствующее оптимальным условиям – это воздействие ...

1. допустимое; 2. комфортное; 3. опасное; 4. чрезвычайно опасное.

Вопрос 4. Совокупность источников опасностей около защищаемого объекта – это ...

1. волна опасностей; 2. поле опасностей; 3. круг опасностей; 4. море опасностей.

Вопрос 5. Опасности, действующие при реализации циклических процессов – это ...

1. постоянные опасности; 2. переменные опасности; 3. импульсные опасности; 4. длительные опасности.

### **ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ**

1. Технические, коллективные и индивидуальные средства защиты от поражения электрическим током.

2. Технические средства и способы снижения шума в производственных цехах и на улицах городов.

3. Профилактика дорожно-транспортных происшествий и меры по снижению количества жертв на дорогах страны.

4. Анализ производственной обстановки и снижение степени риска в деревообрабатывающих цехах.

5. Анализ производственной обстановки и снижение степени риска в литейных цехах приборо-, машиностроительных цехах.

6. Анализ производственной обстановки и снижение степени риска в механообрабатывающих цехах машиностроительного предприятия.

7. Анализ производственной обстановки и снижение степени риска в цехах химико-термической обработки, заготовок деталей.

8. Анализ производственной обстановки и снижение степени в гальванических цехах.

9. Анализ производственной обстановки и снижение степени риска в кузнечно - прессовых цехах машиностроения.

10. Анализ производственной обстановки и снижение степени риска при разработке рудных и угольных месторождений.

11. Анализ производственной обстановки и снижение степени риска при осуществлении строительно-монтажных работ.
12. Профилактические и организационные меры по снижению количества авиапроисшествий, аварий и катастроф.
13. Профилактические и организационные меры по предупреждению пожаров в производстве и быту.
14. Использование средств индивидуальной и коллективной защиты в условиях ЧС.
15. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуации и расчеты ущерба.
16. Меры по обеспечению устойчивого функционирования объектов экономики (АЭС, ТЭЦ, ГРЭС и т.п.)
17. Мероприятия противорадиационной, противохимической, противобактериальной защиты.
18. Оповещение населения и организация эвакуационных мероприятий при угрозе масштабной природной, либо техногенной опасностью.
19. Прогнозирование радиационной обстановки при авариях на АЭС.
20. Фоновое облучение человека. Требования к ограничению облучения.
21. Мониторинг опасностей и описание опасных веществ.
22. Естественная радиация.
23. Постоянные региональные и глобальные опасности.
24. Защита от глобальных опасностей. Минимизация антропогенно-техногенных опасностей.
25. Этапы стратегии по защите от отходов техносферы. Защита атмосферного воздуха от выбросов.
26. Количественная оценка и нормирование опасностей. Критерии допустимого вредного воздействия потоков.
27. Пожары и взрывы.
28. Повседневные естественные опасности.
29. Технические средства и способы снижения шума в производственных цехах и на улицах городов.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Суть понятий «опасность», «ноксология», «техносфера».
2. Цели, задачи и принципы ноксологии как науки, связь с естественными, техническими и социальными науками.
3. Эволюция человечества и окружающей среды. Эволюция опасностей
4. Опасность, условия ее возникновения и реализации.
5. Закон толерантности, опасные и чрезвычайно опасные воздействия, аксиомы воздействия.
6. Поле опасностей. В чем суть понятия. Опасности 1, 2, 3 круга
7. Качественная классификация (таксономия) опасностей. Паспорт опасности
8. Критерии допустимого вредного воздействия потоков
9. Критерии допустимой травмоопасности потоков. Приемлемый риск
10. Идентификация опасностей техногенных источников.
11. Антропогенные опасности и антропогенно-техногенные опасности.
12. Естественные опасности.
13. Локально действующие техногенные опасности
14. Постоянные региональные и глобальные опасности
15. Чрезвычайные техногенные и глобальные опасности
16. Естественно-техногенные опасности.
17. Бытовые опасности.

18. Защита от опасностей. «Безопасность объекта защиты». Опасные зоны и варианты защиты.
19. СИЗ и СКЗ
20. Условия труда
21. Региональная защита (защита урбанизированных территорий и природных зон от опасного воздействия техносферы)
22. Декларация промышленной безопасности.
23. Технические регламенты.
24. Защита от отходов техносферы (этапы)
25. Наилучшие доступные технологии.
26. Защита атмосферного воздуха от выбросов.
27. Защитное зонирование.
28. Снижение выбросов автотранспорта.
29. Защита гидросферы от стоков.
30. Защита земель и почв от загрязнения.
31. Защита от радиоактивных отходов.
32. Особенности загрязнения окружающей среды при авариях на радиационно-опасных объектах.
33. Особенности загрязнения окружающей среды при авариях на химически опасных объектах.
34. Защита от глобальных опасностей.
35. Минимизация антропогенно-техногенных опасностей.
36. Критерии профессионального отбора операторов.
37. Показатели негативного влияния опасностей
38. Потери от опасностей в быту, на производстве и в селитебных зонах
39. Смертность населения от внешних причин.
40. Перспективы развития человеко- и природозащитной деятельности.

## РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

### Бальная раскладка отдельных элементов контроля по видам занятий

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего
Посещение занятий	2	4	4	<b>10</b>
Тестовый контроль	4	5	5	<b>14</b>
Опрос на практических занятиях	4	16	14	<b>34</b>
Компонент своевременности	4	4	4	<b>12</b>
<b>Итого максимум за период:</b>	<b>14</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>70</b>
Сдача экзамена (максимум)				<b>30</b>
<b>Нарастающим итогом</b>	<b>14</b>	<b>43</b>	<b>70</b>	<b>100</b>

### Бальная оценка за экзамен

Первый вопрос	10
Второй вопрос	10
Третий вопрос	10
<b>Итого</b>	<b>30</b>

### Балльная раскладка для отдельных этапов выполнения курсовой работы

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Получение задания на курсовую работу	4			<b>4</b>
Подбор и обзор литературы	12			<b>12</b>
Выполнение необходимых расчетов по работе		18		<b>18</b>
Выполнение необходимых графических работ		4	8	<b>12</b>
Полное оформление работы			12	<b>12</b>
Компонент своевременности	4	4	4	<b>12</b>
<b>Итого максимум за период:</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>70</b>
Защита работы (маж)				<b>30</b>
<b>Нарастающим итогом</b>	<b>20</b>	<b>46</b>	<b>70</b>	<b>100</b>

### Методика формирования пятибалльных оценок в контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
□ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

### Методика формирования итоговой оценки по дисциплине

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	<b>90 - 100</b>	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	<b>85 – 89</b>	B (очень хорошо)
	<b>75 – 84</b>	C (хорошо)
	<b>70 - 74</b>	D (удовлетворительно)
<b>65 – 69</b>		
3 (удовлетворительно) (зачтено)	<b>60 - 64</b>	E (посредственно)
	<b>Ниже 60 баллов</b>	F (неудовлетворительно)