



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ
РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЗАЩИТА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ В ЧС» ДЛЯ
СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ
«ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»
ПРОФИЛЬ «ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

Ростов-на-Дону
2017

Составитель: доцент, к.т.н. Денисов О.В.

УДК 504.064+539.12+539.16+614.876

Приведены теоретические и практические блоки к контрольной работе по дисциплине «Защита среды обитания в ЧС» для студентов заочной формы обучения направления «техносферная безопасность».

Печатается по решению факультета «Безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии»

Научный редактор – д.т.н., проф. Булыгин Ю.И.

© Донской государственный
технический университет,
2017

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ БЛОК

Перечень индивидуальных контрольных вопросов по дисциплине «ЗСО в ЧС»

Таблица №1

№	Наименование вопросов
1	Предмет, задачи и особенности дисциплины «ЗСО в ЧС»
2	Что используют из технических средств для проведения контроля химического заражения?
3	Что такое чрезвычайная ситуация и на какие группы делятся ЧС?
4	Определение понятий ОХВ и АХОВ?
5	Определение чрезвычайной ситуации. Понятие о предупреждении и ликвидации ЧС.
6	Законодательные и нормативно-правовые акты в области защиты от ЧС
7	Что такое радиационно-опасный объект?
8	Обязанности организаций в области БЧС.
9	Какова опасность от облучения человека α - и β - частицами?
10	Понятие о ГО
11	Перечислите основные средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).
12	Виды чрезвычайных ситуаций природного характера
13	Какие требования предъявляются к убежищам и противорадиационным укрытиям (ПРУ) и какими защитными свойствами обладают простейшие укрытия?
14	Обязанности руководителей организаций в области ЗЧС
15	Понятие о «гражданской обороне»
16	Структурная схема единой российской системы чрезвычайных ситуаций (РСЧС)?
17	Какова общая организация эвакуации населения, рабочих и служащих ОЭ? Способы эвакуации?
18	Основные причины крупных техногенных аварий
19	Виды эвакуации населения в зависимости от масштаба ЧС.
20	Принципы построения систем безопасности АЭС.
21	Назначение, состав и принцип действия прибора химической разведки.
22	В результате каких ЧС может сложиться неблагоприятная социальная обстановка?
23	Основные поражающие факторы при дорожно-транспортных происшествиях.
24	Принципы защиты от АХОВ.
25	Особенности развития вирусных инфекций на современном этапе.
26	Принципы организации и ведения ГО.
27	Основные направления по обеспечению эпидемиологической безопасности.
28	Структура плана действий по предупреждению и ликвидации ЧС природного и техногенного характера в организации.
29	Обеспечение безопасности при нахождении на территории ведения боевых действий.
30	Источники ионизирующих излучений.
31	Меры для поддержания благополучных социальных условий.
32	Виды радиационного воздействия на людей и животных.
33	Основные мероприятия, проводимые органами управления РСЧС в режиме чрезвычайной ситуации
34	Защита от землетрясений. Поражающие факторы землетрясений
35	Дозовые критерии ионизирующего излучения
36	Основные мероприятия, проводимые органами управления РСЧС в режиме повышенной готовности
37	Основные мероприятия, проводимые органами управления РСЧС в режиме повседневной деятельности

38	Возможные последствия острого (однократного) и многократного облучения человека в зависимости от дозы
39	Режимы функционирования РСЧС
40	Система мероприятий, организуемых для контроля радиоактивного облучения людей и определения степени радиоактивного заражения оборудования, техники
41	Обязанности должностных лиц организации при возникновении угрозы террористического акта
42	Территориальная система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций
43	Структура Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС)
44	Классификация токсических веществ
45	Излучение. Действие разных видов излучения на организм человека
46	Обязанности организаций в ЧС
47	Радиационная авария. Классификация. Фазы развития
48	Задачи РСЧС
49	Классификация ЧС по зонам распространения, потерям, ущербу
50	Отличие последствий аварий на АЭС от ядерного взрыва
51	Методы принятия решений в ЧС
52	Организация эвакуации персонала организации при ЧС
53	Методы оценки и прогнозирования опасных ситуаций
54	Принципы защиты от радиации
55	Принцип защиты преградой. Слой «половинного ослабления» для жесткого гамма-излучения
56	Масштабы и степень радиоактивного заражения местности
57	Меры для уменьшения потерь от землетрясений
58	Наиболее распространенные причины поражения электротоком
59	Предназначение измерителей мощности доз
60	Порядок проверки работоспособности приборов радиационной разведки

Таблица №2. Номера индивидуальных вопросов в соответствии с номером зачетной книжки

		Последняя цифра зачетной книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предпоследняя цифра зачетной книжки	0	2, 45	12, 55	22, 43	32, 53	42, 3	52, 13	13, 35	12, 23	22, 38	32, 8
	1	3, 24	13, 34	23, 44	33, 54	43, 4	53, 14	3, 14	13, 24	23, 39	33, 9
	2	4, 25	14, 35	24, 45	34, 55	44, 5	54, 15	4, 15	14, 30	24, 40	34, 10
	3	5, 26	15, 36	25, 46	35, 56	45, 6	55, 16	5, 16	15, 31	25, 1	35, 11
	4	6, 27	16, 37	26, 47	36, 57	46, 7	56, 17	6, 17	16, 32	26, 2	36, 12
	5	7, 28	17, 38	27, 48	37, 58	47, 8	57, 18	7, 18	17, 33	27, 3	37, 13
	6	8, 29	18, 39	28, 49	38, 59	48, 9	58, 19	8, 19	18, 34	28, 4	38, 14
	7	9, 30	19, 40	29, 50	39, 60	49, 10	59, 20	9, 20	19, 35	29, 5	39, 15
	8	10, 31	20, 41	30, 51	40, 1	50, 11	60, 21	10, 21	20, 36	30, 6	40, 16
	9	1, 22	11, 32	21, 42	31, 52	41, 2	51, 12	1, 12	11, 22	21, 37	31, 7

ПРАКТИЧЕСКИЙ БЛОК

ЗАДАЧА 1

ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ ПРИ ВЗРЫВЕ ПАРОГАЗОВОЗДУШНОГО ОБЛАКА В НЕОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

1 Цель

Выработать практические навыки по оценке обстановки и степени негативного воздействия поражающих факторов техногенной ЧС на человека, материальные средства и ОПС непосредственно перед проведением АСР.

2 Теоретические положения

Взрыв парогазовоздушного облака в неограниченном пространстве. Парогазовоздушное облако образуется при авариях в системах переработки, транспортировки и хранения сжиженных и сжатых газов, а также при испарении разлившейся горючей жидкости (нефть, бензин, бензол и т.п.).

Характерными особенностями взрывов облаков газопаровоздушных смесей являются:

- возникновение взрывов разного типа (детонационного, дефлаграционного или комбинированного);
- образование пяти зон поражения (детонационной 1, огненного шара 2, действия ударной волны 3, теплового поражения 4 и токсического воздействия 5) (см. рисунок);
- воспламенение газопаровоздушной смеси, которое происходит при наличии источника зажигания, когда концентрация топлива в смеси находится в пределах между НКПР и ВКПР пламени.

Радиус *зоны детонационного взрыва*, в пределах которой давление на фронте ударной волны постоянно и равно $\Delta P_\phi = 1750$ кПа, можно определить по следующей формуле, м:

$$R_1 = 1,75 \sqrt[3]{m_{ТНТ}^{ГАЗ}} \quad (1)$$

где $m_{ТНТ}^{ГАЗ}$ — тротиловый эквивалент взрывоопасного газа (пара), кг;

$$m_{ТНТ} = \eta \frac{Q_{ГАЗ}}{Q_{ТНТ}} m_{ГАЗ} \quad (2)$$

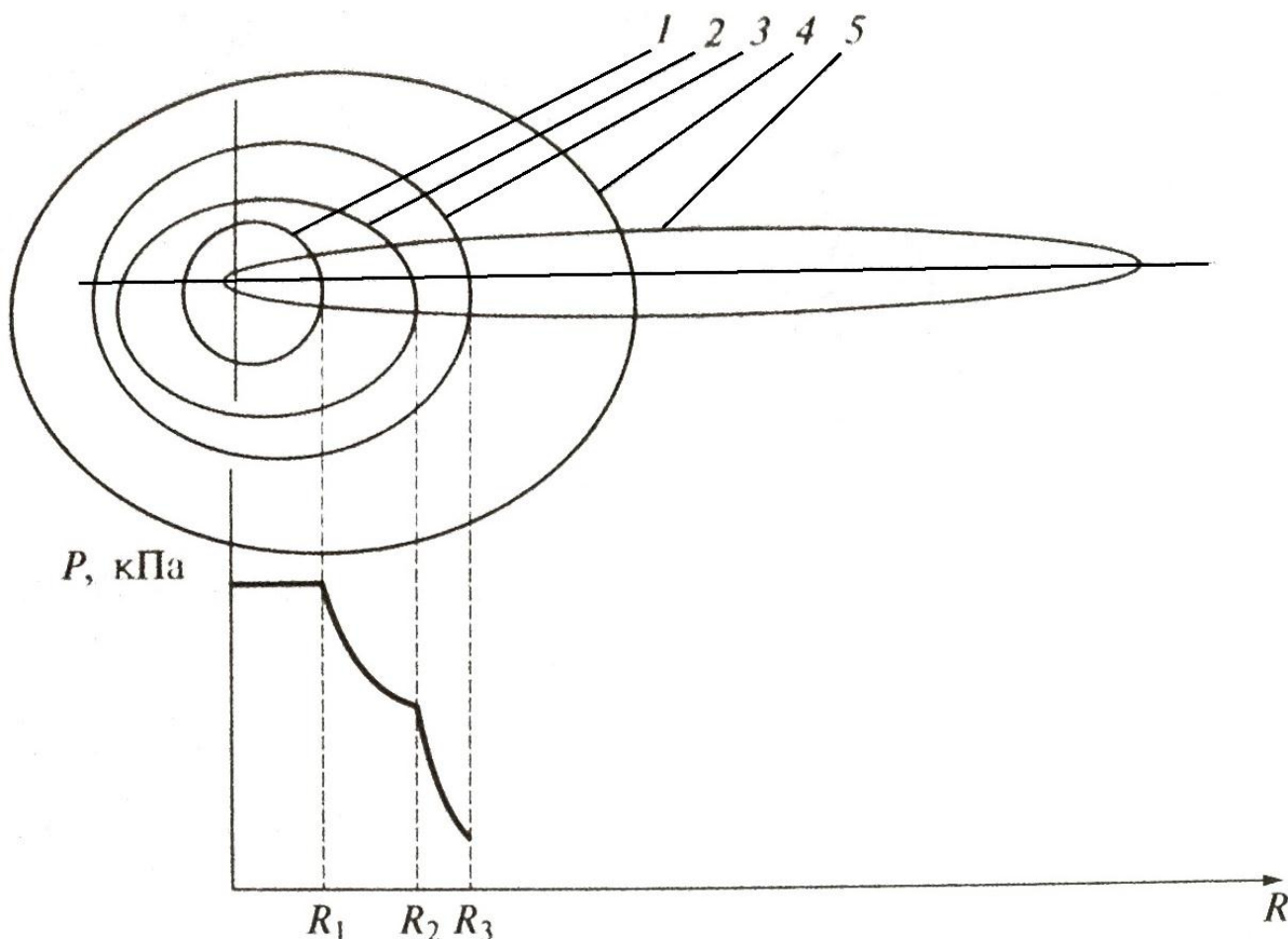


Рисунок -Зоны поражения при взрыве облака газопаровоздушной смеси:

1 — детонационная; 2 — «огненного шара»; 3 — действия ударной волны; 4 — теплового поражения; 5 — токсического воздействия

Здесь η — коэффициент, зависящий от способа хранения горючего вещества (1 — для газа; 0,6 — для сжиженного газа под давлением; 0,1 — для сжиженного газа при пониженной температуре (изотермическое хранение); 0,06 — аварийный разлив легко-воспламеняющейся жидкости (ЛВЖ)); $Q_{\text{ГАЗ}}$ — энергия взрыва газа, кДж/кг (см. табл. 1); $Q_{\text{ТНТ}} = 4\,520$ кДж/кг — энергия взрыва тринитротолуола (тротила); $m_{\text{ГАЗ}}$ — масса горючего газа, кг.

При расчете тротилового эквивалента за массу газа принимается 50% вместимости резервуара при одиночном хранении и 90 % — при групповом.

Радиус зоны взрывного горения («огненного шара»), м,

$$R_2 = 1,7 R_1 \quad (3)$$

Как видно из рисунка, избыточное давление на фронте ударной волны в пределах огненного шара снижается от $\Delta P_{\phi} = 1750$ кПа на границе зоны детонационного взрыва до величины, определяемой по формуле, кПа,

$$\Delta P_{\phi_2} = 1300 \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^3 + 50.$$

Избыточное давление на границе действия зоны ударной волны ($R_3 > R_2 = 1,7R_1$), кПа,

$$\Delta P_{\phi_3} = \frac{233}{\sqrt{1 + 0,41(R_3 / R_1)^3 - 1}} \quad (4)$$

Зная величину избыточного давления на фронте ударной волны на расстоянии R_3 от центра облака газопаровоздушной смеси, по табл. 2.2 и 2.3 можно определить степень поражения людей и разрушения зданий.

3 Пример ситуационной задачи. Оценить последствия взрыва одиночного резервуара, содержащего 15 т сжиженного метана.

Определить:

- размеры зон детонационного взрыва (R_1) и «огненного шара» (R_2);
- степень поражения людей и зданий ударной волной на расстоянии

$$R = R_2 + 75, \text{ м.}$$

Варианты индивидуальных заданий для решения задач приведены в табл. 2.4.

Р е ш е н и е:

1. По формуле (2) найдем тротильный эквивалент метана, учитывая, что для сжиженного газа под давлением $\eta = 0,6$ расчетная масса газа при одиночном хранении составляет 50% массы газа в резервуаре и $Q_{V\text{MET}} = 50 \cdot 10^3$ кДж/кг (см. табл. 2.1), кг:

$$m_{\text{THT}} = 0,6 \cdot (50000 / 4250)(15000 / 2) = 49778.$$

2. Радиус зоны детонационного взрыва [см. формулу (1)], м,

$$R_1 = 1,75 \sqrt[3]{49,778,8} = 138.$$

3. Радиус зоны взрывного горения [см. формулу (3)], м,

$$R_2 = 1,7 \cdot 138,08 = 234,7.$$

4. Избыточное давление на фронте ударной волны на расстоянии $R = 234,7 + 75 = 309,7$ м определим по формуле (4), кПа:

$$\Delta P_{\phi 309,7} = \frac{233}{\sqrt{1 + 0,41(309,7 / 138,08)^3 - 1}} = 168,8.$$

При таком избыточном давлении на фронте ударной волны будут разрушены все сооружения и погибнут все люди.

Таблица 2.1 - **Характеристики взрываемости некоторых газов (паров)**

Вещество	M , кг/кмоль	$Q_{вр}$, кДж/кг	$Q_{встх}$, кДж/кг	Предел взрываемости С (НКПР/ВКПР)		$P_{стх}$, кг/м ³	$C_{стх}$, об. %
				%	кг/м ³		
Аммиак NH ₃	15	16 600	2 370	5/18	0,11/0,28	1,18	19,72
Ацетон C ₃ H ₆ O	58	28 600	3 112	2,2/13,0	0,05/0,31	1,21	4,99
Ацетилен C ₂ H ₂	26	48 300	3 387	2/81	0,02/0,86	1,278	7,75
Бутан C ₄ H ₁₀	58	45 800	2 776	1,9/9,1	0,05/0,22	1,328	3,13
Бутадиен C ₄ H ₈	56	47 000	2 892	2,0/11,5	0,04/0,26	1,329	3,38
Бензол C ₆ H ₆	78	40 600	2 973	1,4/7,1	0,05/0,23	1,35	2,84
Бензин	94	46 200	2 973	1,2/7,0	0,04/0,22	1,35	2,1
Водород H ₂	2	120 000	3 425	4/75	0,003/0,060	0,933	29,59
Метан CH ₄	16	50 000	2 763	5/15	0,03/0,10	1,232	9,45
Монооксид углерода CO	28	13 000	2 930	12,5/74,0	0,14/0,85	1,28	29,59
Пропан C ₃ H ₈	44	46 000	2 801	2,1/9,5	0,038/0,180	1,315	4,03
Этилен C ₂ H ₄	28	47 200	2 922	3/32	0,034/0,370	1,28	4,46

Примечание. НКПР — нижний концентрационный предел распространения пламени; ВКПР — верхний концентрационный предел распространения пламени; $Q_{всмх}$ — энергия взрыва стехиометрической газовоздушной смеси; $p_{смх}$ — плотность взрывоопасной стехиометрической смеси; $C_{смх}$ — концентрация смеси с воздухом; об. % — объемные проценты.

Барическое воздействие. При взрыве взрывчатого вещества, атомной бомбы, баллона с газом, парогазовоздушного облака (ПГВО) образуется ударная волна, характеризующаяся избыточным давлением на ее фронте ΔP_{ϕ} , кПа, которая оказывает негативное воздействие на человека, здания, сооружения и т.п.

Таблица 2.2 - **Давление $\Delta P_{\text{ф}}$, кПа, соответствующее степени разрушения**

Объект	Разрушение			
	Полное	Сильное	Среднее	Слабое
Здания жилые:				
-кирпичные многоэтажные	30...40	20...30	10...20	8...10
-кирпичные малоэтажные	35...45	25...35	15...25	8...15
-деревянные	20...30	12...20	8...12	6...8
Здания промышленные:				
-с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом	60...100	50...60	40...50	20...40
-с легким металлическим каркасом или безкаркасные	60...80	40...50	30...50	20...30
Промышленные объекты:				
-теплоэлектростанции	25...40	20...25	15...20	10...15
-котельные	35...45	25...35	15...25	10...15
-трубопроводы наземные	130	50	20	-
-трубопроводы на эстакаде	40...50	30...40	20...30	-
-трансформаторные подстанции	100	40...60	20...40	0...40
-линии электропередач (ЛЭП)	120...200	80...120	50...70	10...20
Резервуары:				
-стальные наземные	90	80	55	35
-газгольдеры и емкости горючесмазочных и химических веществ	40	35	25	20
-частично заглубленные для нефтепродуктов	100	75	40	20
-подземные	200	150	75	40
Транспорт:				
-металлические и железобетонные мосты	250...300	200...300	150...200	100...150
-железнодорожные пути	400	250	175	125
-тепловозы с массой до 50 т.	90	70	50	40
-цистерны	80	70	50	30
-вагоны цельнометаллические	150	90	60	30
-вагоны товарные деревянные	40	35	30	15
-автомашины грузовые	70	50	35	10

Общая характеристика воздействия ударной волны взрыва на человека показана в табл.6.

Таблица 2.3 - **Характеристика воздействия ударной волны взрыва на человека, кПа**

Характеристика воздействия ударной волны взрыва	Ударная волна, кПа
Для человека безопасно	<10
Легкое поражение (ушибы, вывихи, временная потеря слуха, общая контузия)	20-40
Среднее поражение (контузия головного мозга, повреждение органов слуха, разрыв барабанных перепонки, кровотечение из носа и ушей)	40-60
Сильное поражение (сильная контузия всего организма, потеря сознания, переломы конечностей, повреждение внутренних органов)	60-100
Порог смертельного поражения	100
Летальный исход в 50% случаев	250-300
Безусловное смертельное поражение	>300

При оценке барического воздействия на здания и сооружения принимают четыре степени их разрушения:

1. Слабое - повреждение или разрушение крыш, оконных и дверных проемов; ущерб — 10 - 15 % стоимости здания;
2. Среднее - разрушения крыш, окон, перегородок, чердачных перекрытий, верхних этажей; ущерб — 30 - 40%;

3. Сильное - разрушение несущих конструкций и перекрытий; ущерб - 50 %, ремонт нецелесообразен;

4. Полное – обрушение зданий, сооружений.

Таблица 2.4 - Исходные данные для индивидуального задания

вариант по № зачетки	Вещество	M, кг/моль	V ₁ , м ³	R, м	Тип здания	N, чел	ρ, чел./км ²
01,26, 51,76	Аммиак NH ₃	15	50	100	Кирпичное	5	500
02,27, 52,77	АцетонC ₃ H ₆ O	58	75	100	С легким каркасом	6	600
03,28, 53,78	Ацетилен C ₂ H ₂	26	100	100	Деревянное	7	500
04,29, 54,79	Бутан C ₄ H ₁₀	58	125	100	Кирпичное	8	800
05,30, 55,80	Бутадиен C ₄ H ₁₀	56	150	100	С легким каркасом	9	850
06,31, 56,81	Бензол C ₆ H ₆	78	175	100	Деревянное	10	900
07,32, 57,82	Бензин	94	200	100	Кирпичное	5	500
08,33, 58,83	Водород H ₂	2	250	100	С легким каркасом	6	600
09,34, 59,84	Метан CH ₄	16	300	100	Деревянное	7	500
10,35, 60,85	Нефть C ₁₇ H ₃₈	240	1000	100	Кирпичное	8	800
11,36, 61,86	Пропан C ₃ H ₈	44	400	100	С легким каркасом	9	850
12,37, 62,87	Этилен C ₂ H ₄	28	450	100	Деревянное	10	900
13,38, 63,88	Аммиак NH ₃	15	500	100	Кирпичное	5	500
14,39, 64,89	АцетонC ₃ H ₆ O	58	550	100	С легким каркасом	6	600
15,40, 65,90	Ацетилен C ₂ H ₂	26	50	100	Деревянное	7	500
16,41, 66,91	Бутан C ₄ H ₁₀	58	100	100	Кирпичное	8	800
17,42, 67,92	Бутадиен C ₄ H ₁₀	56	150	100	С легким каркасом	9	850

18,43, 68,93	Бензол C_6H_6	78	1000	100	Деревянное	10	900
19,44, 69,94	Бензин	94	1500	100	Кирпичное	5	500
20,45, 70,95	Водород H_2	2	1000	100	С легким каркасом	6	600
21,46, 71,96	Метан CH_4	16	1500	100	Деревянное	7	500
22,47, 72,97	Нефть $C_{17}H_{38}$	240	5000	100	Кирпичное	8	800
23,48, 73,98	Пропан C_3H_8	44	2000	100	С легким каркасом	9	850
24,49, 74,99	Этилен C_2H_4	28	1000	100	Деревянное	10	900
25,50, 75,00	Аммиак NH_3	15	5000	100	Кирпичное	15	1000

4 Индивидуальная ситуационная задача

На производственном объекте произошло разрушение резервуара с _____емкостью V_1 м³. На расстоянии R м от резервуара находится диспетчерская, располагающаяся в _____здании, в котором во время аварии находились N чел. Плотность распределения персонала на производственном объекте $\rho_{\text{чел.}/\text{км}^2}$. Температуру окружающей среды $T_{\text{ок}}$ принять на дату расчета.

Перед выполнением АСР определить размеры зон детонационного взрыва и «огненного шара», степень разрушения здания диспетчерской и потери среди персонала.

5 Содержание отчета о выполнении блока

1. Задача оформляется на отдельном бланке:

1.1 Условие задачи и поставленные вопросы

1.2 Исходные данные своего варианта

1.3 Расчеты по определению параметров

1.4 Выполнить график зависимости избыточного давления во фронте ударной волны от расстояния от эпицентра взрыва, нанести радиусы зон летального поражения, контузии и безопасной для человека.

6 Контрольные вопросы

1. Что такое взрыв?
2. Как и где образуется парогазовоздушное облако?
3. Какие известны характерные особенности взрывов облаков газопаровоздушных смесей?
4. Какие параметры входят в формулу М.А. Садовского?

Задача 2

1 ЦЕЛЬ ЗАДАНИЯ

Ознакомиться с терминологией, основными поражающими факторами катастрофических затоплений, а также с методикой практического расчета степени разрушений зданий и сооружений в населенном пункте с высокими рисками наводнений, вызванных естественными и техногенными факторами.

2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Гидродинамическая авария — авария на гидротехническом сооружении (ГТС), связанная с распространением с большой скоростью воды и создающая угрозу возникновения ТЧС.

При прорыве плотины в ней образуется проран. Проран - узкий проток в теле плотины. От размеров прорана зависят объем и скорость падения вод верхнего бьефа в нижний бьеф ГТС и параметры волны прорыва.

Основными поражающими факторами катастрофического затопления являются: волна прорыва, характеризующаяся высотой волны и скоростью движения, и длительность затопления. Продольный разрез такой сформировавшейся волны схематично показан на рисунке 1.

Параметры волны прорыва зависят от гидрологических и топографических условий реки и характеризуются на расстоянии L , км, от ГТС высотой гребня h , м, и скоростью v , м/с, определяемыми по следующим формулам:

$$h = A_h / \sqrt{B_h + L}; \quad v = A_v / \sqrt{B_v + L}, \quad (1)$$

где A_h, B_h, A_v, B_v , — коэффициенты, зависящие от высоты уровня воды в верхнем бьефе плотины (уровня воды в водохранилище) H_0 , м, гидравлического уклона реки i (превышение в метрах высоты уровня реки на 1000 м длины) и относительной ширины прорана B (таблица 1).

Время прихода гребня $\tau_{гр}$ и фронта $\tau_{ф}$ волны прорыва определяют по таблице 2 в зависимости от H_0, i и удаленности L створа объекта от ГТС.

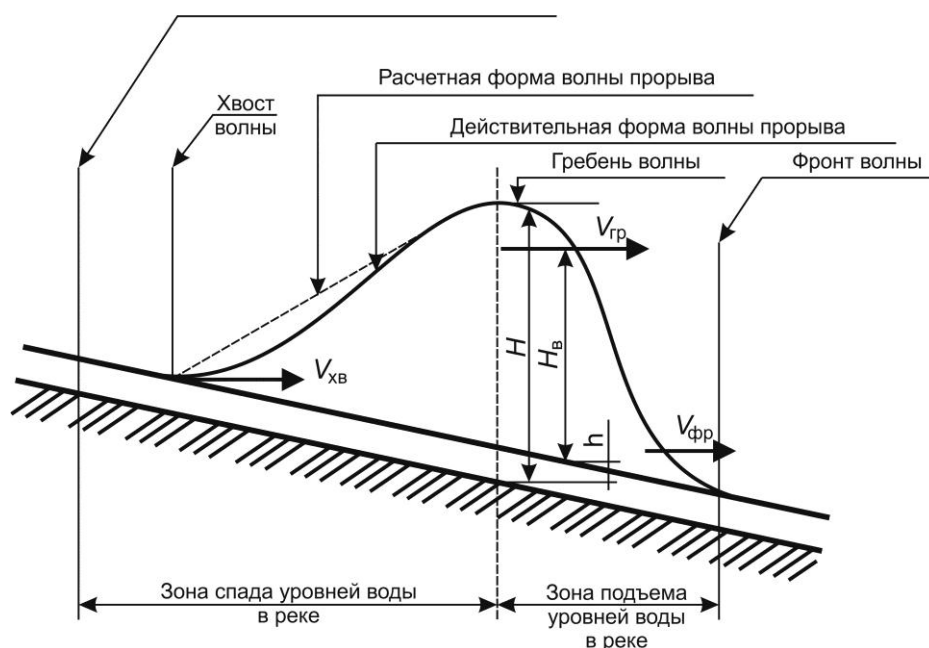


Рисунок 1 - Продольный разрез волны прорыва

Таблица 1

Значение коэффициентов в формулах (1) при уклонах реки

$H_{0,м}$	B	$i = 1 \cdot 10^{-4}$				$i = 1 \cdot 10^{-3}$			
		A_h	B_h	A_v	B_v	A_h	B_h	A_v	B_v
20	1	100	90	9	7	40	10	16	21
40		280	150	20	9	110	30	32	24
80		720	286	39	12	300	60	62	29
20	0,5	128	204	11	11	56	51	18	38
40		340	332	19	14	124	89	32	44
80		844	588	34	17	310	166	61	52
20	0,25	140	192	8	21	40	38	15	43
40		220	388	13	21	108	74	30	50
80		880	780	23	21	316	146	61	65

Продолжительность затопления территории объекта определяется по следующей формуле, ч:

$$\tau_{зат} = \beta(\tau_{гр} - \tau_{ф})(1 - h_m/h), \quad (2)$$

где β — коэффициент, зависящий от высоты плотины H_0 , м, гидравлического уклона реки i и расстояния до объекта L , км (таблица 3); h_m — высота месторасположения объекта, м.

В зависимости от скорости движения и глубины затопления $h_3 = h_{гр} - h_m$ степень разрушения зданий и сооружений будет различной (таблица 4).

Таблица 2

Время прихода гребня $\tau_{гр}$ и фронта $\tau_{ф}$ волны прорыва

L , км	$H_0 = 20$				$H_0 = 40$				$H_0 = 80$			
	$i = 10^{-4}$		$i = 10^{-3}$		$i = 10^{-4}$		$i = 10^{-3}$		$i = 10^{-4}$		$i = 10^{-3}$	
	$\tau_{ф}$, ч	$\tau_{гр}$, ч	$\tau_{ф}$, ч	$\tau_{гр}$, ч	$\tau_{ф}$, ч	$\tau_{гр}$, ч	$\tau_{ф}$, ч	$\tau_{гр}$, ч	$\tau_{ф}$, ч	$\tau_{гр}$, ч	$\tau_{ф}$, ч	$\tau_{гр}$, ч
5	0,2	1,8	0,2	1,2	0,1	2	0,1	1,2	0,1	1,1	0,1	0,2
10	0,5	4	0,6	2,4	0,3	3	0,3	2	0,2	1,7	0,1	0,4
20	1,6	7	2	5	1	6	1	4	0,5	3	0,4	1
40	5	14	4	10	3	10	2	7	1,2	5	1	2
80	13	30	11	21	8	21	6	14	3	9	3	4

Таблица 3

Значения коэффициента β

iL/H_0	Отношение высоты плотины H_0 , м, к средней глубине реки в нижнем бьефе h_0 , м	
	$H_0/h_0 = 10$	$H_0/h_0 = 20$
0,05	15,5	18
0,1	14	16
0,2	12,5	14
0,4	11	12
0,8	9,5	10,8
1,6	8,3	9,9

Таблица 4

Параметры волны прорыва, приводящие к разрушениям объектов

Объект	Степень разрушения					
	Сильная		Средняя		Слабая	
	v , м/с	h , м	v , м/с	h , м	v , м/с	h , м
<i>Здания и сооружения</i>						
Сборные деревянные жилые дома	3	2	2,5	1,5	1	1
Деревянные дома (1...2 этажа)	3,5	2	2,5	1,5	1	1
Кирпичные малоэтажные здания (1...3 этажа)	4	2,4	3	2	2	1
Промышленные здания с лёгким металлическим каркасом и здания бескаркасной постройки	5	2,5	3,5	2	2	1

Кирпичные дома средней этажности (4этажа)	6	3	4	2,5	2,5	1,5
Промышленные здания с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом (стены из керамзитовых панелей)	7,5	4	6	3	3	1,5
Бетонные и железобетонные здания, здания антисейсмической конструкции	12	4	9	3	4	1,5
Стенки, набережные и пирсы на деревянных сваях	4	6	2	4	1	1
Стенки, набережные и пирсы напряженной конструкции с заполнением камнем	5	6	3	4	1	1
Стенки, набережные и пирсы на железобетонных и металлических сваях	6	6	3	4	1	2
Стенки, набережные, молы, волноломы из кладки массивов	7	6	4	4	2	2
<i>Оборудование портов и промышленных предприятий</i>						
Стандартное оборудование	3	2	2	2	1	1
Оборудование химических и электротехнических цехов и лабораторий	4	1,5	3	1,5	1	1
Стапели и стапельные места судостроительных и судоремонтных заводов	4	4	3	3	2	1
Трансформаторно-понижительные подстанции	5	2	4	2	2	1
Крановое оборудование:						
портальные краны						
грузоподъемность:						
5 т	6	4	6	2	2	1,5
10 т	8	5	6	2	2	2
16 т	8	6	6	3	2	2
Мостовой перегружатель 16 т	10	9	6	4	2	2
<i>Мосты, дороги и транспортные средства</i>						
Деревянные мосты (поток выше проезжей части)	1	2	1	1,5	0	0,5
Железобетонные мосты	2	3	1	2	0	0,5
Металлические мосты и путепроводы с пролётом 30...100 м	2	3	1	2	0	0,5
То же с пролётом более 100 м	2	2,5	1	2	0	0,5
Железнодорожные мосты	2	2	1	1	0,5	0,5
Дороги с гравийным (щебёночным) покрытием	2,5	2	1	1,5	0,5	0,5
Шоссейные дороги с асфальтовым и бетонным покрытием	4	3	2	1,5	1	1
Автомобили	2	2	1,5	1,5	1	1
Подвижной состав	3,5	3	3	1,5	1,5	1

Плавучие средства						
Малотоннажные речные суда, катера с осадкой менее 2 м	5	2	4	1,5	2	1,5
Вспомогательные суда (плавучие краны, землечерпательные снаряды и т.д.)	7	2	4	1,5	2	1,5
Крупнотоннажные речные, пассажирские и грузовые суда (с осадкой более 2,5 м)	9	2	5	1,5	3	1,5
Плавучие доки	8	2	5	1,5	3	1,5
Плавучие причалы	9	2	6	2	3	2

3. Пример задачи. В результате произвольного подъема заслонки шлюза на гидроузле образовался проран с относительным размером $B = 0,25$. На расстоянии $L = 20$ км вниз по течению реки расположен город. Высота уровня воды перед плотиной $H_0 = 80$ м, высота месторасположения города $h_M = 6$ м, гидравлический уклон реки $i = 1 \cdot 10^{-4}$, глубина реки в нижнем бьефе $h_0 = 4$ м.

Оценить степень разрушения зданий в городе, железнодорожного (металлического) и автомобильного (железобетонного) мостов.

Решение:

1. Найдем высоту гребня h и скорость v волны прорыва [смотреть формулу (1)], используя данные таблицы 1:

$$h = \frac{880}{\sqrt{780+20}} \approx 31 \text{ м};$$

$$v = \frac{23}{\sqrt{21+20}} \approx 3,59 \text{ м/с}.$$

2. Определим время прихода гребня волны прорыва $\tau_{гр}$ и фронта $\tau_{ф}$ волны прорыва, интерполируя приведенные в таблице 2 данные для $L = 20$ км:

$$\tau_{ф} = 0,5 \text{ ч}; \tau_{гр} = 3 \text{ ч}.$$

3. Продолжительность затопления территории города и завода $\tau_{зат}$ рассчитаем по формуле (2), предварительно определив по таблице 3 для $iL/H_0 = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 20000/80 = 0,025$, $H_0/h_0 = 20$ значение $\beta = 18$:

$$\tau_{зат} = 18(3 - 0,5) \left(1 - \frac{6}{31}\right) = 36,29 \text{ ч}.$$

4. Оценим степень разрушений в городе по таблице 4. При скорости движения волны прорыва $v = 3,59$ м/с и глубины затопления $h_3 = h_{гр} - h_M = 31 - 6 = 25$ м в городе полностью будут разрушены деревянные дома, кирпичные малоэтажные здания, получат сильные разрушения кирпичные дома средней этажности. Велика опасность сильного разрушения железобетонного и металлического мостов, дорог с гравийным покрытием. Шоссейные дороги с асфальтовым и бетонным покрытием получат также сильные разрушения.

4. Индивидуальное задание. Оценить степень разрушения зданий в городе, железнодорожного(металлического) и автомобильного (железобетонного) мостов. Варианты заданий для решения задач приведены в таблице 5.

Таблица 5

Таблица вариантов

Номер варианта определяется по последним двум числам зачётной книжки

№	$B, \text{ м}$	$L, \text{ км}$	$H_0, \text{ м}$	$h_m, \text{ м}$	$i, \text{ м/км}$	$h_0, \text{ м}$
00	0,5	15	10	1	$0,9 * 10^{-4}$	2,5
01	0,6	15,5	12	2	$0,8 * 10^{-4}$	2,6
02	0,7	16	14	3	$0,7 * 10^{-4}$	2,7
03	0,8	16,5	16	4	$1,1 * 10^{-4}$	2,8
04	0,9	17	18	5	$1,2 * 10^{-4}$	2,9
05	0,25	15,5	20	6	$1,3 * 10^{-4}$	3
06	0,3	18	22	7	$1,4 * 10^{-4}$	3,1
07	0,35	18,5	24	8	$1,5 * 10^{-4}$	3,2
08	0,4	16	26	9	$1,6 * 10^{-4}$	3,3
09	0,45	17,5	28	10	$1,7 * 10^{-4}$	3,4
10	1	15	30	1	$0,9 * 10^{-4}$	2,5
11	0,55	15,5	32	2	$0,8 * 10^{-4}$	2,6
12	0,65	16	34	3	$0,7 * 10^{-4}$	2,7
13	0,75	16,5	36	4	$1,1 * 10^{-4}$	2,8
14	1,9	17	38	5	$1,2 * 10^{-4}$	2,9
15	0,9	17,5	40	6	$1,3 * 10^{-4}$	3
16	0,25	18	10	7	$1,4 * 10^{-4}$	3,1
17	0,3	18,5	12	8	$1,5 * 10^{-4}$	3,2
18	0,35	19	14	9	$1,6 * 10^{-4}$	3,3
19	0,4	19,5	16	10	$1,7 * 10^{-4}$	3,4
20	0,45	20	18	1	$0,9 * 10^{-4}$	2,5
21	1	20,5	20	2	$0,8 * 10^{-4}$	2,6
22	0,55	21	22	3	$0,7 * 10^{-4}$	2,7
23	0,65	21,5	24	4	$1,1 * 10^{-4}$	2,8
24	0,75	22	26	5	$1,2 * 10^{-4}$	2,9
25	0,9	22,5	28	6	$1,3 * 10^{-4}$	3
26	0,25	23	30	7	$1,4 * 10^{-4}$	3,1
27	0,3	23,5	32	8	$1,5 * 10^{-4}$	3,2
28	0,35	24	34	9	$1,6 * 10^{-4}$	3,3
29	0,4	24,5	36	10	$1,7 * 10^{-4}$	3,4
30	0,45	25	38	1	$0,9 * 10^{-4}$	3,5

31	1	25,5	40	2	$0,8 * 10^{-4}$	3,6
32	0,55	26	10	3	$0,7 * 10^{-4}$	3,7
33	0,65	26,5	12	4	$1,1 * 10^{-4}$	3,8
34	0,75	27	14	5	$1,2 * 10^{-4}$	3,9
35	0,8	27,5	16	6	$1,3 * 10^{-4}$	4
36	0,9	28	18	7	$1,4 * 10^{-4}$	4,1
37	1	28,5	20	8	$1,5 * 10^{-4}$	4,2
38	0,9	29	22	9	$1,6 * 10^{-4}$	4,3
39	0,25	29,5	24	10	$1,7 * 10^{-4}$	4,4
40	0,3	30	26	1	$0,9 * 10^{-4}$	4,5
41	0,35	30,5	28	2	$0,8 * 10^{-4}$	4,6
42	0,4	31	30	3	$0,7 * 10^{-4}$	4,7
43	0,45	31,5	32	4	$1,1 * 10^{-4}$	4,8
44	1	32	34	5	$1,2 * 10^{-4}$	4,9
45	0,55	32,5	36	6	$1,3 * 10^{-4}$	5
46	0,65	33	38	7	$1,4 * 10^{-4}$	5,1
47	0,75	33,5	40	8	$1,5 * 10^{-4}$	5,2
48	0,5	34	10	9	$1,6 * 10^{-4}$	5,3
49	0,6	34,5	12	10	$1,7 * 10^{-4}$	5,4
50	0,7	35	14	1	$0,9 * 10^{-4}$	2,5
51	0,8	15,5	16	2	$0,8 * 10^{-4}$	2,6
52	0,9	16	18	3	$0,7 * 10^{-4}$	2,7
53	1	16,5	20	4	$1,1 * 10^{-4}$	2,8
54	0,9	20	22	5	$1,2 * 10^{-4}$	2,9
55	0,25	27,5	24	6	$1,3 * 10^{-4}$	3
56	0,3	18	26	7	$1,4 * 10^{-4}$	3,1
57	0,35	28,5	28	8	$1,5 * 10^{-4}$	3,2
58	0,4	19	30	9	$1,6 * 10^{-4}$	3,3
59	0,45	19,5	32	10	$1,7 * 10^{-4}$	3,4
60	1	30	34	1	$0,9 * 10^{-4}$	2,5
61	0,55	30,5	36	2	$0,8 * 10^{-4}$	2,6
62	0,65	21	38	3	$0,7 * 10^{-4}$	2,7
63	0,75	31,5	40	4	$1,1 * 10^{-4}$	2,8
64	0,5	22	10	5	$1,2 * 10^{-4}$	2,9
65	0,6	16,5	12	6	$1,3 * 10^{-4}$	3
66	0,7	23	14	7	$1,4 * 10^{-4}$	3,1
67	0,8	33,5	16	8	$1,5 * 10^{-4}$	3,2
68	0,9	34	18	9	$1,6 * 10^{-4}$	3,3
69	1	24,5	20	10	$1,7 * 10^{-4}$	3,4
70	0,9	35	22	1	$0,9 * 10^{-4}$	2,5
71	0,25	35,5	24	2	$0,8 * 10^{-4}$	2,6
72	0,3	26	26	3	$0,7 * 10^{-4}$	2,7

73	0,35	16,5	28	4	$1,1 * 10^{-4}$	2,8
74	0,4	17	30	5	$1,2 * 10^{-4}$	2,9
75	0,45	27,5	32	6	$1,3 * 10^{-4}$	3
76	1	18	34	7	$1,4 * 10^{-4}$	3,1
77	0,55	28,5	36	8	$1,5 * 10^{-4}$	3,2
78	0,65	19	38	9	$1,6 * 10^{-4}$	3,3
79	0,75	29,5	40	10	$1,7 * 10^{-4}$	3,4
80	0,5	30	10	1	$0,9 * 10^{-4}$	3,5
81	0,6	20,5	12	2	$0,8 * 10^{-4}$	3,6
82	0,7	21	14	3	$0,7 * 10^{-4}$	3,7
83	0,8	31,5	16	4	$1,1 * 10^{-4}$	3,8
84	0,9	32	18	5	$1,2 * 10^{-4}$	3,9
85	1	22,5	20	6	$1,3 * 10^{-4}$	4
86	0,9	23	22	7	$1,4 * 10^{-4}$	4,1
87	0,25	33,5	24	8	$1,5 * 10^{-4}$	4,2
88	0,3	24	26	9	$1,6 * 10^{-4}$	4,3
89	0,35	34,5	28	10	$1,7 * 10^{-4}$	4,4
90	0,4	15	30	1	$0,9 * 10^{-4}$	4,5
91	0,45	15,5	32	2	$0,8 * 10^{-4}$	4,6
92	1	16	34	3	$0,7 * 10^{-4}$	4,7
93	0,55	16,5	36	4	$1,1 * 10^{-4}$	4,8
94	0,65	27	38	5	$1,2 * 10^{-4}$	4,9
95	0,75	17,5	40	6	$1,3 * 10^{-4}$	5
96	0,5	28	10	7	$1,4 * 10^{-4}$	5,1
97	0,6	18,5	12	8	$1,5 * 10^{-4}$	5,2
98	0,7	19	14	9	$1,6 * 10^{-4}$	5,3
99	0,8	19,5	16	10	$1,7 * 10^{-4}$	5,4

5. Контрольные вопросы.

1. Что такое гидродинамическая авария?
2. Какие основные поражающие факторы катастрофического затопления?
3. Чем характеризуются параметры волны прорыва?

Литература:

1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях /Под ред. Н. К. Шишкина. - М.: ГУУ, 2000.
2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях/ Б.С. Мاستрюков - М.: Изд. Центр "Академия", 2003.
3. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий при ЧС: Учеб.пособие/ В.В. Денисов, И.А. Денисова. - М.:ИКЦ "МарТ", Ростов н/д: Издательский центр "Март", 2003.- 608 с.
4. Гражданская оборона /Под ред. Е.П.Шубина. - М.: Просвещение, 1991.