

## I. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1 Анализ характера разрушения зданий при землетрясении

Задача 1. В сейсмически опасном районе расположено 22-х этажное жилое здание каркасного типа со стенами из каменных материалов. Длина и ширина здания составляют 150 м и 50 м соответственно.

Определить характер разрушений данного здания при условии, что интенсивность землетрясения в районе расположения здания соответствует полному его разрушению.

#### Решение.

##### 1.1 Определение дальности разлета обломков

По формуле 1.1.2 дальность разлета обломков при полном обрушении 22-х этажного здания и высоте одного этажа 3 м составит:

$$l = \frac{H}{3} = \frac{22 * 3}{3} = 22 \text{ м}$$

##### 1.2 Определение длины и ширины завала, верхних граней обелиска завала

Длина завала по формуле 1.1.3 составит:

$$A_{\text{зав}} = 2l + A = 2 * 22 + 150 = 194 \text{ м}$$

Ширина завала по формуле 1.1.4 составит:

$$B_{\text{зав}} = 2l + B = 2 * 22 + 50 = 94 \text{ м}$$

Длина и ширина верхних граней обелиска по формуле 1.1.5 соответственно составят:

$$A_1 = A - 2l = 150 - 2 * 22 = 106 \text{ м}$$

$$B_1 = B - 2l = 50 - 2 * 22 = 6 \text{ м}$$

##### 1.3 Определение высоты завала

Высота завала при оперативном прогнозировании согласно формуле 1.1.6 составит:

$$h = \frac{\gamma * H}{100 + k * H} = \frac{42 * 66}{100 + 0,5 * 66} = 20,8 \text{ м}$$

где:  $\gamma$  - показатель объема завала здания (табл. 1.1.1) для расчетного здания составляет 42;

$k=0,5$  (поправочный коэффициент).

Высота завала на различных расстояниях ( $x$ ) зависит от высоты завала и дальности ( $l$ ) разлета обломков, в нашем случае она на дальности 1/3

$(h_{(\frac{1}{3})})$  и  $2/3 (h_{(\frac{2}{3})})$  от дальности разлета обломков согласно формуле 1.1.7 составит:

$$h_{(\frac{1}{3})} = h * \left(1 - \frac{x}{l}\right) = 20,8 * \left(1 - \frac{\frac{1}{3} * 22}{22}\right) \approx 13,87 \text{ м}$$

$$h_{(\frac{2}{3})} = h * \left(1 - \frac{x}{l}\right) = 20,8 * \left(1 - \frac{\frac{2}{3} * 22}{22}\right) \approx 6,93 \text{ м}$$

#### 1.4 Построение расчетной схемы завала

Основными данными для построения являются размеры основания здания ( $A_{зав}$  и  $B_{зав}$ ), высота завала ( $h$ ) и дальность разлета обломков ( $l$ ). Характерными геометрическими показателями завала также являются показатели верхних граней обелиска (рис. 2.1.1).

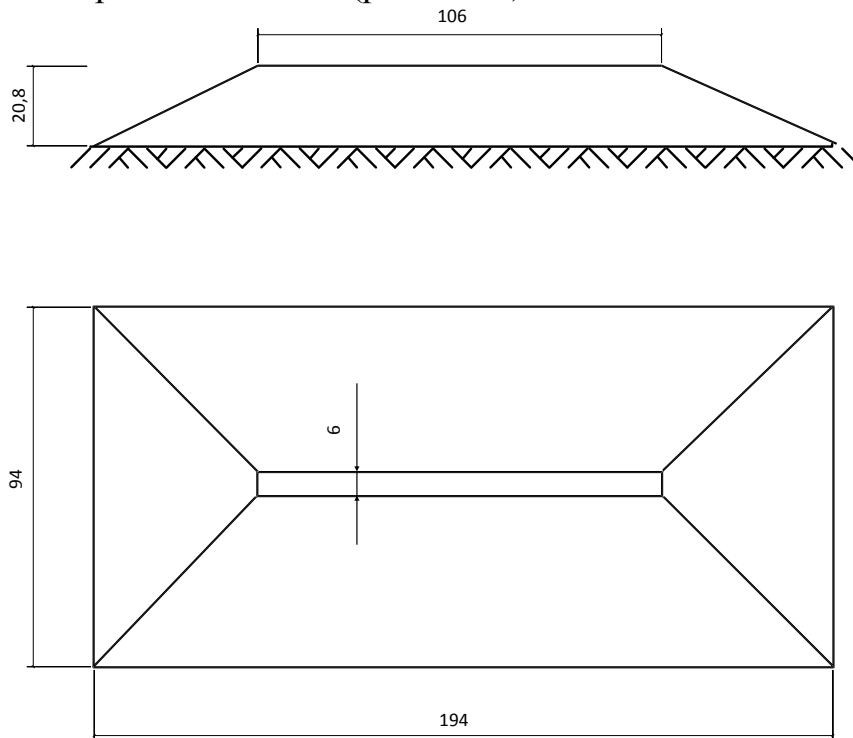


Рис. 2.1.1 Расчетная схема завала

#### 1.5 Определение объемов завала и обелиска

Объем образовавшегося завала согласно формуле 1.1.8 составит:

$$V_{зав} = \frac{\gamma * A * B * H}{100} = \frac{42 * 150 * 50 * 66}{100} = 207900 \text{ м}^3$$

Объемobeliska согласно формуле 1.1.9 составит:

$$\begin{aligned} V_{об} &= \frac{h}{6} * [A_1 * B_1 + (A_1 + A_{зав}) * (B_1 + B_{зав}) + A_{зав} * B_{зав}] = \\ &= \frac{20,8}{6} * [106 * 6 + (106 + 194) * (6 + 94) + 194 * 94] \approx \\ &\approx 169423 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

## 1.6 Определение структуры и объемно-массовых характеристик завалов

Структура завала по весу обломков в соответствии с исходными данными и данными табл. 1.1.2 составит:

а) в процентном отношении от объема завала:

очень крупные обломки (больше 5 тонн) – 0 %;

крупные обломки (от 2 до 5 тонн) – 50 %;

средние обломки (от 0,2 до 2 тонн) – 10 %;

мелкие обломки (до 0,2 тонн) – 40 %;

б) в объемном отношении:

очень крупные обломки (больше 5 тонн) – 0 м<sup>3</sup>;

крупные обломки (от 2 до 5 тонн) – 207900 м<sup>3</sup> \* 50 % = 103950 м<sup>3</sup>;

средние обломки (от 0,2 до 2 тонн) – 207900 м<sup>3</sup> \* 10 % = 20790 м<sup>3</sup>;

мелкие обломки (до 0,2 тонн) – 207900 м<sup>3</sup> \* 40 % = 83160 м<sup>3</sup>.

Таким образом, для перемещения крупных обломков (весом более 2-х тонн) необходимо предусмотреть использование инженерной (грузоподъемной) техники, для средних обломков (весом до 2-х тонн) – ручных лебедок, а мелкие обломки (весом до 200 кг) могут быть перемещены спасателями вручную.

Количество привлекаемой техники, инструмента и спасателей обуславливается объемами завала и тактико-техническими характеристиками техниками и инструмента.

Структура завала по составу элементов в соответствии с исходными данными и данными табл. 1.1.3 составит:

а) в процентном отношении от объема завала:

кирпичные глыбы и битый кирпич – 50 %;

обломки железобетонных и бетонных конструкций – 15 %;

деревянные конструкции – 15 %;

металлические конструкции – 5 %;

строительный мусор – 15 %;

б) в объемном отношении:  
 кирпичные глыбы и битый кирпич –  $207900 \text{ м}^3 * 50 \% = 103950 \text{ м}^3$ ;  
 обломки железобетонных и бетонных конструкций –  $207900 \text{ м}^3 * 15 \% = 31185 \text{ м}^3$ ;  
 деревянные конструкции –  $207900 \text{ м}^3 * 15 \% = 31185 \text{ м}^3$ ;  
 металлические конструкции –  $207900 \text{ м}^3 * 5 \% = 10395 \text{ м}^3$ ;  
 строительный мусор –  $207900 \text{ м}^3 * 15 \% = 31185 \text{ м}^3$ .  
 Эти показатели могут быть использованы при оценке объемов и видов работ.

Структура завала по составу арматуры определяется в соответствии с исходными данными (22-х этажное здание) и данными табл. 1.1.4. Содержание арматуры в пределах контура здания ( $F_a$ ) составит:

$$F_a = 20 * n = 20 * 22 = 440 \frac{\text{см}^2}{\text{пог. м}}$$

где  $n$  – количество этажей в расчетном здании.

Содержание арматуры в завале на различных расстояниях ( $x$ ) от контура здания, в нашем случае она на дальности  $1/3$  ( $F_{(\frac{1}{3})}$ ) и  $2/3$  ( $F_{(\frac{2}{3})}$ ) от дальности разлета обломков согласно формуле 1.1.10 составит:

$$F_{(\frac{1}{3})} = F_a * \left(1 - \frac{x}{l}\right) = 440 * \left(1 - \frac{\frac{1}{3} * 22}{22}\right) \approx 293,33 \frac{\text{см}^2}{\text{пог. м}}$$

$$F_{(\frac{2}{3})} = F_a * \left(1 - \frac{x}{l}\right) = 440 * \left(1 - \frac{\frac{2}{3} * 22}{22}\right) \approx 146,67 \frac{\text{см}^2}{\text{пог. м}}$$

Показатели по содержанию арматуры в завале могут быть использованы при планировании сил и средств, привлекаемых для резки металла при разборе завала.

### 1.7 Объемно-массовые характеристики завалов

Показатель объема завала ( $\gamma$ ) – объем завала на  $100 \text{ м}^3$  - определяется по табл. 1.1.1 и равен 42.

Объемный вес завала ( $\beta$ ) – вес в т  $1 \text{ м}^3$  завала - определяется также по табл. 1.1.1 и составляет  $1,1 \text{ т/м}^3$ .

Данный показатель позволяет определить весовые параметры завала при планировании транспортных средств:

по весу обломков:

очень крупные обломки (больше 5 тонн) –  $0 \text{ м}^3 * 1,1 \text{ т/м}^3 = 0 \text{ т}$ ;

крупные обломки (от 2 до 5 тонн) –  $103950 \text{ м}^3 * 1,1 \text{ т/м}^3 = 114345 \text{ т}$ ;

средние обломки(от 0,2 до 2 тонн) –  $20790 \text{ м}^3 * 1,1 \text{ т/м}^3 = 22869 \text{ т}$ ;

мелкие обломки(до 0,2 тонн) –  $83160 \text{ м}^3 * 1,1 \text{ т/м}^3 = 91476 \text{ т}$ ;

по составу элементов:

кирпичные глыбы и битый кирпич –  $103950 \text{ м}^3 * 1,1 \text{ т/м}^3 = 114345 \text{ т}$ ;

обломки железобетонных и бетонных конструкций –  $31185 \text{ м}^3 * 1,1 \text{ т/м}^3 = 34303,5 \text{ т}$ ;

деревянные конструкции –  $31185 \text{ м}^3 * 1,1 \text{ т/м}^3 = 34303,5 \text{ т}$ ;

металлические конструкции –  $10395 \text{ м}^3 * 1,1 \text{ т/м}^3 = 11434,5 \text{ т}$ ;

строительный мусор –  $31185 \text{ м}^3 * 1,1 \text{ т/м}^3 = 34303,5 \text{ т}$ .

Показатель пустотности завала ( $\alpha$ ) – объем пустот на  $100 \text{ м}^3$  завала-определяется также по табл. 1.1.1 и составляет  $40 \text{ м}^3/100 \text{ м}^3$  завала.

Таким образом, в нашем случае суммарный объем пустот в завале согласно формуле 1.1.11 составит:

$$W_{(\alpha)} = \frac{\alpha * V_{\text{зав}}}{100} = \frac{40 * 207900}{100} = 83160 \text{ м}^3$$

Данный показатель используется при подготовке предложений по технологии спасательных работ, в частности, при проходке галерей в завалах.

#### 1.8 Показатели обломков

Для расчетного здания в соответствии с исходными данными и данными табл. 1.1.6 составляют:

максимальный вес обломков:отстен – до 1000 кг без содержания арматуры;

от колонн – до 2500 кг с содержанием в обломках до 200 кг арматуры при их высоте до 8 м и сечении  $40 * 40 \text{ см}$ ;

от ригелей каркаса – до 2000 кг с содержанием в обломках до 150 кг арматуры при их сечении  $40 * 45 \text{ см}$ ;

от плит перекрытия – до 2500 кг с содержанием в обломках до 150 кг арматуры с размерами до  $6 * 1 \text{ м}$ .

Максимальный вес обломков учитывается при подборе грузоподъемности крана, а их размеры – для подбора транспортных средств.

Задача 2. Условия задачи аналогично условию задачи 1. Задача решается по вариантам (табл. 2.1.1), номер варианта соответствует порядковому номеру, под которым фамилия обучаемого зафиксирована в учебном журнале. Для обучаемого фамилия которого зафиксирована в учебном журнале под номером 16 и более номер варианта соответствует последней цифре, т.е. решаются варианты с 1 по 10.

Таблица 2.1.1

## Варианты исходных данных для решения задачи 2

№ п/п	Тип здания	Размеры основания здания, м	
		А	В
1.	Жилое кирпичное 5 этажное	50	30
2.	Жилое крупнопанельное 7 этажное	80	40
3.	Производственное одноэтажное тяжёлого типа	100	50
4.	Жилое здание из каменных материалов 2 этажное	40	20
5.	Жилое крупнопанельное 23 этажное	230	60
6.	Жилое кирпичное 9 этажное	150	55
7.	Жилое крупнопанельное 9 этажное	180	70
8.	Жилое крупноблочное 7 этажное	130	45
9.	Жилое крупнопанельное 18 этажное	220	75
10.	Жилое здание из каменных материалов 3 этажное	40	20
11.	Жилое кирпичное 7 этажное.	60	35
12.	Жилое крупнопанельное 12 этажное	250	25
13.	Производственное одноэтажное смешанного типа	300	100
14.	Жилое крупнопанельное 17 этажное	150	38
15.	Производственное одноэтажное тяжёлого типа	180	65

## 1.2 Расчёт движения и трансформации селевого потока, основных параметров лавин и прогнозирование оползней

### 2.2.1 Расчет прорывного селя

Задача 3. В селеактивном районе Центрального Кавказа расположено озеро Башкара, подпруженное ледником.

Исходные данные:

тип селевого очага – врез;

площадь водной поверхности на уровне 80% высоты перемычки  $S = 6,6 * 10^4 \text{ м}^2$ ;

высота плотины  $H_{пл} = 18 \text{ м}$ ;

температура воды в озере  $t = 2^\circ\text{C}$ ;

расстояние между основанием перемычки и границей водной поверхности  $L = 1,2 * 10^3 \text{ м}$ ;

длина селевого очага  $l = 3 * 10^3 \text{ м}$ ;

уклон селевого очага  $\alpha = 10^\circ$ ;

средний уклон долины  $i = 5^\circ$ ;

среднее расстояние между селевыми береговыми валами  $B = 300 \text{ м}$ ;

расстояние от конца селевого потока (очага) до вершины конуса выноса  $L_D = 15$  км.

Определить основные характеристики процесса движения и трансформации селевого потока при разрушении перемычки (ледника).

Решение.

Согласно формуле 1.2.2 максимальный расход селеобразующего паводка составит:

$$Q_n = \frac{k * S * H_{пл}^{3/2} * t}{L} = \frac{6,25 * 10^{-3} * 6,6 * 10^4 * 18^{3/2} * 2}{1,2 * 10^3} = 52,5 \text{ м}^3/\text{с}$$

Таким образом, максимальный расход селевого потока согласно формуле 1.2.1 составит:

$$Q_c = (1 + 0,1 * l * \sin^2 \alpha) * Q_n = (1 + 0,1 * 3 * 10^3 * \sin^2 10^0) * 52,5 = 527,4 \text{ м}^3/\text{с}$$

Учитывая, что тип рассматриваемого озера – подпруженное ледником, то объем водного паводка согласно формуле 1.2.4 составит:

$$W_n = 0,2 * S * H_{пл} = 0,2 * 6,6 * 10^4 * 18 \approx 2,4 * 10^5 \text{ м}^3$$

Таким образом, объем селевого потока согласно формуле 1.2.3 составит:

$$W_c = (1 + 0,12 * l * \sin^2 \alpha) * W_n = (1 + 0,12 * 3 * 10^3 * \sin^2 10^0) * 2,4 * 10^5 \approx 2,85 * 10^6 \text{ м}^3$$

Для определения скорости продвижения селевого потока согласно формуле 1.2.8 необходимо знать значение средней глубины потока ( $h$ ), которая при оперативной оценке принимается равной для:

маломощного потока - 1...1,5 м;

среднемощного - 2...3 м;

мощного потока - 3...5 м, при этом тип селевого потока определяется в зависимости от его суммарного объема выноса (табл. 2.2.1);

Таблица 2.2.1

#### Классификация селевых потоков

Тип селевого потока	Суммарный объем селевого выноса, м <sup>3</sup>
Маломощный(I)	менее $1 * 10^4$
Среднемощный(II)	$1 * 10^4 - 1 * 10^5$
Мощный(III)	$1 * 10^5 - 1 * 10^6$
Катастрофический(IV)	более $1 * 10^6$

Так как объем селевого потока составляет  $2,85 * 10^6 \text{ м}^3$  и данный селевой поток классифицируется как катастрофический, то согласно

табл. 2.2.1 принимаем максимальное значение для средней глубины потока, т.е. 5 м.

Скорость продвижения селевого потока согласно формуле 1.2.8 составит:

$$V_c = 11,4 * \sqrt{h} * \sqrt[3]{u_0 * \sin \alpha} = 11,4 * \sqrt{5} * \sqrt[3]{0,85 * \sin 10^0} \approx 13,5 \text{ м/с}$$

где  $u_0$  - относительная гидравлическая крупность вовлекаемых в поток каменных материалов (для оперативных расчетов принимается равная 0,7...1,0).

Для определения дальности продвижения селея в соответствии с формулой 1.2.9 необходимо уточнить значение среднего диаметра анкерирующих обломков в зависимости от типа селевого и региона его нахождения очага по табл. 2.2.2 – в соответствии с исходными данными  $d = 0,6$  м.

Таблица 2.2.2

Средний диаметр обломков, анкерирующих грунт  
в селевых очагах горных районов

Тип селевого очага	Диаметр обломков ( $d$ ) в горных районах, м			
	Кавказ	Памир, Тянь-Шань	Карпаты	Восточная Сибирь
Врез	0,6	0,8	0,5	0,5
Рытвина	0,3	0,4	0,3	0,3
Скальный очаг	0,2	0,3	0,2	0,1
Очаг рассредоточения	–	–	–	–
Селеформирования	0,1	0,2	0,1	0,1

Дальность продвижения селевого потока в долине реки на первом этапе расчетов согласно формуле 1.2.9 составит:

$$L_1 = \frac{12,1 * W_c * i}{d * B} = \frac{12,1 * 2,85 * 10^6 * 0,087}{0,6 * 300} \approx 16668 \text{ м}$$

где  $i$  - средний уклон долины, радиан.

Так  $L_1 > L_D$ , то принимаем  $L_c = L_1 = 16668$  м.

**Задача 4.** Условия задачи аналогично условию задачи 3. Задача решается по вариантам (табл. 2.2.3.). Номер варианта соответствует последней цифре порядкового номера, под которым фамилия обучающегося зафиксирована в учебном журнале. Для обучающегося фамилия которого зафиксирована в учебном журнале под номером 11 и более номер варианта соответствует последней цифре.



Таблица 2.2.3

## Варианты исходных данных для решения задачи 4

Номер варианта	Регион расположения озера	Тип озера	Тип селевого очага	Площадь водной поверхности на уровне 80% высоты перемычки, $10^5 \text{ м}^3$	Площадь водной поверхности при максимальном заполнении, $10^5 \text{ м}^2$	Высота плотины, м	Температура воды в озере, °С	Расстояние между основанием перемычки и границей водной поверхности, $10^3 \text{ м}$	Длина селевого очага, $10^3 \text{ м}$	Уклон селевого очага, град	Средний уклон долины, град	Среднее расстояние между селевыми береговыми валами, м	Расстояние от конца селевого потока (очага) до вершины конуса выноса, км
1	Центральный Кавказ	подпруженное ледником	врез	0,66		18	2	1,2	3	10	5	300	15
2				0,8		20	2	1,3	3,2	9	5	280	15
3				0,9		22	1	1,4	3,4	8	6	290	18
4	Памир	подпруженное ледником	рытвина	1		24	1	1,5	3,5	9	6	500	18
5				1,1		26	3	1,6	3,6	7	6	400	18
6				1,2		28	1	2	4	8	7	520	20
7	Восточная Сибирь	завальное	скальный очаг	0,2	0,35	6	2	1	0,5	5	3	150	2
8				0,3	0,45	8	1	1,2	0,6	6	4	160	3
9				0,4	0,55	10	3	1,4	0,7	5	3	140	5
10				0,5	0,65	12	1	1,5	0,8	6	4	180	5

## 2.2.2 Расчет селя от дождевого паводка

Задача 5. В селеактивном районе Восточной Сибири прогнозируется обильное выпадение осадков.

Исходные данные:

вероятность превышения слоя дождевого стока 1 % обеспеченности -  $P = 1 \%$ ;

площадь водосбора –  $F = 1,5 \text{ км}^2$ ;

максимальный суточный слой осадков 1%-ой обеспеченности-  $H_l = 100 \text{ мм}$ ;

длина селевого очага  $l = 0,5 * 10^3 \text{ м}$ ;

уклон селевого очага  $\alpha = 10^0$ ;

тип объекта, находящегося в зоне возможного селя – кирпичное 3-х этажное здание;

площадь проекции обтекаемой части расчетного здания -  $S_{зд} = 42 \text{ м}^2$ ;

действия селевого потока на расчетные здания осуществляется по нормали, т.е.  $\beta = 90^\circ$ .

Определить основные характеристики процесса движения и трансформации селевого потока от дождевого паводка и вероятность разрушения от его воздействия зданий.

Решение.

Максимальный расход дождевого паводка согласно формуле 1.2.12 составит:

$$Q_d = k_c * H_1 * \lambda * F = 2,52 * 10^{-3} * 100 * 1 * 1,5 = 0,38 \text{ м}^3/\text{с}$$

где  $k_c$  - коэффициент дождевого стока, определяемый по табл. 1.2.1 в соответствии с исходными данными и равный  $2,52 * 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ ;

$\lambda$  - переходный коэффициент от слоев дождевого стока 1%-ой обеспеченности к слоям стока другой вероятности и равный 1,0 %.

Максимальный расход селевого потока от дождевого паводка согласно формуле 1.2.13 составит:

$$Q_c = (1 + 0,1 * l * \sin^2 \alpha) * Q_d = (1 + 0,1 * 0,5 * 10^3 * \sin^2 10^0) * 0,38 \approx \approx 0,95 \text{ м}^3/\text{с}$$

Объем водного паводка, вытекающего при выпадении осадков слоем заданной обеспеченности, согласно формуле 1.2.14 составит:

$$W_d = 9,5 * 10^2 * H_1 * \lambda * F = 9,5 * 10^2 * 100 * 1 * 1,5 = 14,25 * 10^4 \text{ м}^3$$

Объем селевого потока согласно формуле 1.2.3 составит:

$$W_c = (1 + 0,12 * l * \sin^2 \alpha) * W_n = (1 + 0,12 * 0,5 * 10^3 * \sin^2 10^0) * * 14,25 * 10^4 \approx 4 * 10^5 \text{ м}^3$$

Скорость продвижения селевого потока можно определить по формулам 1.2.8 или 1.2.17. Согласно формуле 1.2.8 скорость продвижения селевого потока составит:

$$V_c = 11,4 * \sqrt{h} * \sqrt[3]{u_0 * \sin \alpha} = 11,4 * \sqrt{3} * \sqrt[3]{0,7 * \sin 10^0} \approx 9,79 \text{ м/с}$$

где  $u_0$  - относительная гидравлическая крупность вовлекаемых в поток каменных материалов (для оперативных расчетов принимается равным 0,7...1,0);

$h$  - средняя глубина потока, м (т.к.  $10^5 < W_c < 10^6$ , то поток является мощным и соответственно  $h$  принимаем равным 3 м).

Суммарная смещающая сила, действующая на расчетное здание согласно формуле 1.2.18 составит:

$$N = S_{зд} * (0,5 * g * \rho * h + 0,5 * \sin^2 \beta * \rho * V_c) =$$

$$= 42 * (0,5 * 9,8 * 1000 * 3 + 0,5 * 1 * 1000 * 9,79) \approx 0,62 \text{ МПа} \quad (2.18)$$

Характер повреждений и разрушений расчетного кирпичного 3-х этажного здания в соответствии полученной суммарной смещающей силой и данными прил.1 соответствует полному его разрушению.

**Задача 6.** Условия задачи аналогично условию задачи 5. Задача решается по вариантам (табл. 2.2.4). Номер варианта соответствует последней цифре порядкового номера, под которым фамилия обучаемого зафиксирована в учебном журнале. Для обучаемого фамилия которого зафиксирована в учебном журнале под номером 11 и более номер варианта соответствует последней цифре.

Таблица 2.2.4

Варианты исходных данных для решения задачи 6

Номер варианта	Регион расположения озера	Вероятность превышения слоя дождевого стока, %	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Максимальный суточный слой осадков 1%-ой обеспеченности, мм	Длина селевого очага, 10 <sup>3</sup> м	Уклон селевого очага, град	Тип расчетного объекта	Площадь проекции обтекаемой части расчетного здания, м <sup>2</sup>	Угол воздействия селе на расчетный объект, град
1	Восточная Сибирь	1	1,3	80	0,45	8	кирпичное трехэтажное здание	42	30
2		1	1,7	80	0,6	8		50	60
3		1	1,8	90	0,7	10		35	60
4		5	1,9	70	0,8	10		60	45
5		5	2	60	0,9	12		40	30
6	Северный Кавказ	1	1	70	1	8	кирпичное одноэтажное здание	25	90
7		1	1,2	80	0,6	10		30	90
8		5	1,4	90	0,7	12		40	60
9		5	1,6	100	0,8	12		50	45
10		5	1,2	100	0,9	15		60	30

### 2.2.3 Расчет основных параметров лавин

Задача 7. В лавиноопасном районе Северного Кавказа прогнозируется сход снежных лавин.

Исходные данные:

продольный профиль лавинного русла согласно данным табл. 1.2.2;

лавиноактивная площадь  $S_{лп} = 1000 \text{ м}^2$ ;

многолетняя максимальная и средняя высоты снежного покрова в очаге соответственно составляют  $H_{сн.мах} = 1,8 \text{ м}$  и  $H_{сн.ср} = 1,2 \text{ м}$ ;

тип очага - денудационная воронка;

плотность снега –  $\rho_{лс} = 500 \text{ кг/м}^3$ ;

объект, находящийся в зоне возможного схода лавины, - одноэтажное кирпичное здание;

площадь проекции объекта на плоскость, перпендикулярную направлению движения лавины –  $S_n = 40 \text{ м}^2$ ;

воздействие лавины на здание осуществляется по нормали, т.е.  $\beta = 90^\circ$ ;

угол наклона крыши здания к горизонту -  $\alpha_k = 15^\circ$ .

Определить основные параметры лавины и вероятность разрушения (повреждения) от ее воздействия объекта.

Решение.

Максимальный объем лавины согласно формуле 1.2.20 составит:

$$W_{л.мах} = S_{лп} * H_{сн.мах} = 1000 * 1,8 = 1,8 * 10^3 \text{ м}^3$$

Средний объем лавины согласно формуле 2.21 составит:

$$W_{л.ср} = k_o * S_{лп} * H_{сн.ср} = 0,5 * 1000 * 1,2 = 600 \text{ м}^3$$

где  $k_o$  – коэффициент, зависящий от типа очага и конкретных климатических условий, так тип очага - денудационная воронка, то  $k_o = 0,5$ ).

Используя исходные данные и данные табл. 1.2.3, определяем угол  $\varphi$ , значение которого составляет:

$$\varphi = \frac{\sum_{j=1}^n i_j * l_j}{\sum_{j=1}^n l_j} = \frac{47250}{1850} \approx 25^\circ$$

Найденная точка пересечения наклонной прямой с профилем пути переносится на карту как предел распространения лавины.

5. Для определения скорости лавины в заданной точке ее пути на профиле восстанавливается вертикальный отрезок от поверхности пути до пересечения с наклонной прямой, измеряется длина этого отрезка, в соответствии с масштабом построения определяется его длина, т.е. высота лавины в расчетной точке составит-  $h_c \approx 4 \text{ м}$ ).

Скорость лавины в районе расположения объекта согласно формуле 1.2.22 составит:

$$V_{л} = \sqrt{2 * g * h_c} = \sqrt{2 * 9,8 * 4} \approx 8,9 \text{ м/с}$$

6. Сила удара лавины на 1 м<sup>2</sup> проекции поверхности здания, расположенной перпендикулярно к направлению движения лавины, согласно формуле 1.2.23 составит:

$$P_{y/1} = 2 * \rho_{лс} * g * h_c = 2 * 500 * 9,8 * 4 = 3,92 * 10^4 \text{ Па}$$

Нагрузка лавины на расчетное здание согласно формуле 1.2.25 составит:

$$P_y = \rho_{лс} * \frac{V_{л}^2}{2} * S_n = 500 * \frac{8,9^2}{2} * 40 \approx 7,9 * 10^4 \text{ Па}$$

Так как воздействие лавины осуществляется по нормали, то пересчет силы удара согласно формуле 1.2.24 не осуществляем.

Для расчета нагрузки на крышу здания определяем высоту фронта лавины согласно формуле 1.2.28:

$$H_{фл} = \frac{V_{л}^2}{2 * g * \cos \alpha} = \frac{8,9^2}{2 * 9,8 * \cos 15^0} \approx 4,1 \text{ м}$$

где  $\alpha$  – угол наклона склона на подходе лавины к сооружению ( $\alpha = \alpha_k + i = 15^0 + 0^0 = 15^0$ ).

В данном случае нагрузка на крышу здания согласно формуле 1.2.27 составит:

$$P_{л} = \rho_{лс} * H_{фл} * \cos \alpha_k = 500 * 4,1 * \cos 15^0 \approx 2000 \text{ Па}$$

где  $\alpha_k$  – угол наклона крыши сооружения к горизонту.

Характер повреждений расчетного кирпичного одноэтажного здания в соответствии с полученными нагрузками по данным прил. 1 соответствуют полному его разрушению.

Задача 8. Условия задачи аналогично условию задачи 7 (продольный профиль лавинного русла согласно данным табл. 1.2.2). Задача решается по вариантам (табл. 2.2.5). Номер варианта соответствует последней цифре порядкового номера, под которым фамилия обучаемого зафиксирована в учебном журнале. Для обучаемого фамилия которого зафиксирована в учебном журнале под номером 11 и более номер варианта соответствует последней цифре.

Таблица 2.2.5

## Варианты исходных данных для решения задачи 8

Номер варианта	Лавиноактивная площадь, м <sup>2</sup>	Многолетняя максимальная высота снежного покрова в очаге, м	Многолетняя средняя высота снежного покрова в очаге, м	Тип очага	Плотность снега, кг/м <sup>3</sup>	Расчетный объект	Площадь проекции объекта на плоскость, перпендикулярную направлению движения лавины, м <sup>2</sup>	Угол воздействия лавины на на расчетный объект, град	Угол наклона крыши расчетного объекта к горизонту, град
1	700	1,8	1,2	денудационная воронка	500	одноэтажное кирпичное здание	40	90	15
2	800	1,6	1,3		500		45	90	15
3	900	1,7	1,4		400		35	90	15
4	1000	1,8	1,5		400	трехэтажное кирпичное здание	28	60	25
5	1100	2	1,6		400		30	60	25
6	1200	1,5	1,2		300		50	60	25
7	1300	1,6	1,2		300	здание трансформаторной подстанции из кирпича	38	45	30
8	1400	1,7	1,5		300		42	45	30
9	1500	1,8	1,5		500		56	45	30
10	1000	2	1,6		500		32	45	30

## 2.2.4 Прогнозирование оползней

Задача 9. Расчетный объект расположен на подошве склона с признаками его подмыва и соответственно уменьшения устойчивости.

Исходные данные:

прогнозируемый период -  $T=50$  лет;

значение среднего начального коэффициента устойчивости склона -  $K_{\text{ср}}^{(H)}=1,27$ ;

среднее годовое уменьшение коэффициента устойчивости склона -  $\Delta K_{\text{ср}}=5 \cdot 10^{-3}$ ;

среднее годовое отрицательное отклонение коэффициента устойчивости склона в результате колебаний его водонасыщения и пригрузки основания наносами -  $A_{\text{ср}}=\pm 3 \cdot 10^{-2}$ ;

максимальное негативное отклонение коэффициента устойчивости склона за 50 лет (соответствующее наиболее неблагоприятному сочетанию факторов в течение года 2 %-й обеспеченности) -  $A_{\text{max}}=0,1$ .

Определить вероятность возникновения оползня в горизонтальных склонах и его вероятное время.

### Решение.

Определяем возможность оползня - конечная средняя годовая величина коэффициента устойчивости склона в конце прогнозируемого периода (T) согласно формуле 1.2.32 составит:

$$K_{\text{ср}}^{(к)} = K_{\text{ср}}^{(н)} - T * \Delta K_{\text{ср}} = 1,27 - 50 * 5 * 10^{-3} = 1,02$$

Так как  $K_{\text{ср}}^{(к)} - A_{\text{max}} = 1,02 - 0,1 = 0,92 > 1$ , то оползень возможен.

При этом наиболее вероятное смещение оползня согласно формуле 1.2.33 следует ожидать в период:

$$\text{от } \frac{1,27 - 0,1 - 1}{5 * 10^{-3}} \text{ до } \frac{1,27 - 3 * 10^2 - 1}{5 * 10^{-3}}, \quad \text{то есть}$$

от 34 до 48 лет

**Вывод.** Расчетный объект на этом склоне со сроком амортизации 50 лет и более требует дополнительного проведения противооползневых мероприятий. Тем не менее, временные (рассчитанные на 10–15 лет) объекты в настоящее время и в ближайшие годы возводить можно.

**Задача 10.** Условия задачи аналогично условию задачи 9. Задача решается по вариантам (табл. 2.2.6.). Номер варианта соответствует последней цифре порядкового номера, под которым фамилия обучаемого зафиксирована в учебном журнале. Для обучаемого фамилия которого зафиксирована в учебном журнале под номером 11 и более номер варианта соответствует последней цифре.

Таблица 2.2.6

Варианты исходных данных для решения задачи 10

Номер варианта	Прогнозируемый период, лет	Значение среднего начального коэффициента устойчивости склона	Среднее годовое уменьшение коэффициента устойчивости склона	Среднее годовое отрицательное отклонение коэффициента устойчивости склона в результате колебаний его водонасыщения и пригрузки основания наносами	Максимальное негативное отклонение коэффициента устойчивости склона за 50 лет (соответствующее наиболее неблагоприятному сочетанию факторов в течение года 2 %-й обеспеченности)
1	30	1,2	$4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	-0,1
2	35	1,25	3,3	2,2	-0,15
3	40	1,3	3,4	2,4	-0,08
4	45	1,35	3,5	2,6	-0,018
5	50	1,4	3,6	2,8	-0,12
6	55	1,37	3,7	3	-0,1
7	60	1,28	3,8	3,2	-0,15
8	65	1,2	4	2,6	-0,08
9	70	1,4	4,5	2,8	-0,018
10	75	1,3	5	3,2	-0,12

### 1.3 Оценка последствий ураганов

Задача 11. В населенном пункте Энке прогнозируется усиление ветра до 48 м/с.

Исходные данные:

расчетное здание – кирпичное малоэтажное;

количество зданий в населенном пункте – 10;

количество людей в каждом здании - 40 человек.

Определить степень разрушения расчетного здания и потери жителей в нем.

Решение.

В соответствии с данными прил. 3 определяем, что кирпичное малоэтажное здание при данных показателях ветра получает сильную степень разрушения.

На основании данных прил. 5 при указанной степени разрушения потери населения в одном расчетном здании могут составить:

1. в процентном отношении: общие - 60%;  
безвозвратные - 15%;  
санитарные - 45%;

2. с учетом указанной численности населения в здании получим потери:

- общие - 24 человека;
- безвозвратные - 6 человек;
- санитарные - 18 человек.

С учетом застройки населенного пункта общие потери могут составить:

- общие - 240 человек;
- безвозвратные - 60 человек;
- санитарные - 180 человек.

Задача 12. Условия задачи аналогично условию задачи 11. Задача решается по вариантам (табл. 2.3.1.). Номер варианта соответствует последней цифре порядкового номера, под которым фамилия обучаемого зафиксирована в учебном журнале. Для обучаемого фамилия которого зафиксирована в учебном журнале под номером 11 и более номер варианта соответствует последней цифре.



Таблица 2.3.1

## Варианты исходных данных для решения задачи 12

Номер варианта	Наименование города	Прогнозируемая скорость ветра, м/с	Тип расчетного здания (сооружения)	Количество расчетных зданий (сооружений)	Количество людей, находящихся в одном расчетном здании (сооружении)
1	Армавир	42	Жилое кирпичное 5 этажное	15	300
2	Ейск	41	Жилое крупнопанельное 7 этажное	14	160
3	Новороссийск	57	Производственное одноэтажное тяжёлого типа	9	40
4	Барнаул	48	Жилое здание из каменных материалов 2 этажное	25	60
5	Сочи	38	Жилое крупнопанельное 23 этажное	18	904
6	Абакан	43	Жилое кирпичное 9 этажное	12	500
7	Норильск	55	Жилое крупнопанельное 9 этажное	16	476
8	Владивосток	50	Жилое крупноблочное 7 этажное	55	630
9	Пятигорск	37	Жилое крупнопанельное 18 этажное	33	200
10	Находка	62	Жилое здание из каменных материалов 3 этажное	20	42

#### 1.4 Определение гидрологических и морфологических характеристик рек при прогнозировании паводкового наводнения

Задача 13. В населенном пункте в результате выпадения обильных осадков прогнозируется паводковое наводнение.

Исходные данные:

схема сечения русла реки - треугольная;

ширина реки до паводка  $-b_0 = 70$  м;

ширина реки во время паводка  $-b = 120$  м;

глубина реки до паводка  $-h_0 = 4$  м;

угол наклона берегов  $- \alpha = 50^0$ ;

интенсивность выпадения осадков  $- J = 10$  мм/час;

площадь водосбора  $- F = 20$  км<sup>2</sup>;

морфологический показатель русла реки  $- M = 1,25$ ;

скорость течения реки до паводка  $- V_0 = 0,6$  м/с.

Определить основные показатели паводка и оценить его последствия по состоянию на 4 и 24 часа.

Решение.

1. Определение гидрологических и морфологических характеристик рек.

Так как в соответствии с исходными данными сечение русла треугольной формы, то согласно формуле 1.4.2 площадь сечения реки до паводка составит:

$$S_0 = 0,5 * b_0 * h_0 = 0,5 * 70 * 4 = 140 \text{ м}^2$$

Расход воды в реке до наступления наводнения согласно формуле 1.4.1 составит:

$$Q_0 = V_0 * S_0 = 0,6 * 140 = 84 \text{ м}^3/\text{с}$$

Расход воды после выпадения осадков и наступления наводнения согласно формуле 1.4.4 составит:

$$Q_{max} = Q_0 + \frac{J * F}{3,6} = 84 + \frac{10 * 20}{3,6} \approx 139,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

Высота подъема воды в реке в ходе паводка для русла реки треугольной формы согласно формуле 1.4.5 составит:

$$h = \left( \frac{2 * Q_{max} * h_0^{5/3}}{b_0 * V_0} \right)^{3/8} - h_0 = \left( \frac{2 * 139,6 * 4^{5/3}}{70 * 0,6} \right)^{3/8} - h_0 \approx 4,85 \text{ м}$$

Площадь поперечного сечения потока в ходе паводка согласно формуле 1.4.7 составит:

$$S_{max} = 0,5 * b * h = 0,5 * 120 * 4,85 = 291 \text{ м}^2$$

Максимальная скорость потока воды в ходе паводка согласно формуле 1.4.6 составит:

$$V_{max} = \frac{Q_{max}}{S_{max}} = \frac{139,6}{291} = 0,48 \text{ м/с}$$

Глубина затопления согласно формуле 1.4.9 составит:

$$h_3 = h - h_0 = 4,85 - 4,0 = 0,85 \text{ м}$$

Скорость потока воды в ходе паводка согласно формуле 1.4.10 составит:

$$V_3 = M * f = 1,25 * 0,924 \approx 1,2 \text{ м/с}$$

где  $M$  – морфологический показатель русла реки;

$f$  – параметр удаленности расчетного объекта от русла реки, равный 0,924 (табл. 1.4.1).

2. Прогноз возможной обстановки при затоплении местности паводковыми водами.

В соответствии с полученными результатами и данными табл. 1.4.2 объекты, расположенные в районе затопления получают следующие повреждения и разрушения:

а) по состоянию на 4 часа:

затопление подвалов – 30 %;

нарушение дорожного движения – 37,5 %;

разрушение уличных мостовых – 3 %;

смыв деревянных домов – 45 %;

разрушение кирпичных зданий – 20 %;

прекращение электропитания – 50 %;

прекращение телефонной связи – 50 %;

повреждение систем газо- и теплоснабжения – 5 %;

гибель урожая – 0 %;

б) по состоянию на 24 часа:

затопление подвалов – 42,5 %;

нарушение дорожного движения – 47,5 %;

разрушение уличных мостовых – 15 %;

смыв деревянных домов – 50 %;

разрушение кирпичных зданий – 25 %;

прекращение электропитания – 50 %;

прекращение телефонной связи – 50 %;

повреждение систем газо- и теплоснабжения – 15 %;

гибель урожая – 1,5 %.

Задача 14. Условия задачи аналогично условию задачи 13. Задача решается по вариантам (табл. 2.4.1.). Номер варианта соответствует последней цифре порядкового номера, под которым фамилия обучаемого зафиксирована в учебном журнале. Для обучаемого фамилия которого зафиксирована в учебном журнале под номером 11 и более номер варианта соответствует последней цифре.

## Варианты исходных данных для решения задачи 14

Номер варианта	Схема сечения русла реки	Ширина реки, м:			Глубина реки до паводка, м	Угол наклона берегов, град:		Интенсивность выпадения осадков, мм/час	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Морфологический показатель русла реки	Скорость течения реки до паводка, м/с	Время прогноза, час
		до паводка	во время паводка	по дну		$\alpha$	$\beta$					
1	треугольная	45	75		2,8	60		10	12	1,25	0,7	4; 24
2		50	85		2,2	60		12	14	1,25	0,5	2; 24
3		55	90		2,6	50		12	16	1,25	0,6	3; 24
4		65	100		3	50		15	18	1,25	0,7	24; 48
5		80	120		3,2	50		15	20	1,25	0,8	4; 48
6	трапециевидная	60	80	30	1,2	30	45	5	5	1,5	0,9	1; 24
7		70	100	30	3,6	30	30	18	10	1,5	0,5	4; 24
8		80	120	40	3,8	45	30	20	12	1,5	0,6	2; 24
9		120	150	80	3	45	45	22	12	2	0,7	3; 24
10		200	240	120	3,2	45	45	25	14	1,5	0,8	4; 48

### 1.5 Расчет параметров волны прорыва при катастрофическом затоплении местности от разрушений гидротехнических сооружений (ГТС)

**Задача 15.** В результате землетрясения на реке возможно полное разрушение гидроузла.

Исходные данные:

объем водохранилища –  $W_0 = 72$  млн.м<sup>3</sup>;

ширина водохранилища перед плотиной –  $B = 110$  м;

глубина водохранилища перед гидроузлом –  $H = 42$  м;

глубина реки ниже плотины –  $h_0 = 3,2$  м;

скорость течения –  $V_0 = 1$  м/с;

форма (сечение) долины в створе гидроузла – параболическая;

морфологическая характеристика – река равнинная с хорошо разработанным руслом, поймы узкие, местами средние, без больших сопротивлений;

уклон реки: на участке:  $L_1 = 0 - 25$  км  $i = 0,0012$ ;

$L_2 = 25 - 45$  км  $i = 0,001$ .

Определить:

параметры волны прорыва на 45 км участка реки и построить график ее движения;

время, в течение которого возможна эвакуация населения из населенного пункта  $K$  (деревянные одноэтажные здания), если он расположен на

удалении 20 км от гидроузла, и время использования для эвакуации деревянного моста, расположенного на удалении 35 км от гидроузла.

характер разрушений в населенном пункте К.

Решение.

В соответствии с исходными данными участок реки разбиваем на два расчетных участка и три створа.

Участки: первый  $L_1 = 25$  км ( $i=0,001$ );  
второй  $L_2 = 20$  км ( $i=0,0005$ ).

Створы: I – створ разрушенной плотины;  
II – между 1-м и 2-м участками;  
III – в конце второго участка.

1. Расчет параметров волны прорыва.

1.1. Определяем параметры волны прорыва в створе полного разрушения гидроузла (I створ).

Высота волны прорыва согласно формуле 1.5.3 составит:

$$H_{вI} = 0,6 * H_{в} - h_{г} = 0,6 * 42 - 3,2 = 22 \text{ м}$$

Время прохождения волны прорыва через створ разрушенной плотины (время полного опорожнения водохранилища) согласно формуле 1.5.4 составит:

$$T_I = \frac{W_{в} * A}{3600 * \mu * B_i * H * \sqrt{H}} = \frac{72 * 10^6 * 2}{3600 * 0,6 * 110 * 42 * \sqrt{42}} = 2,22 \text{ часа}$$

где  $A$  - коэффициент кривизны водохранилища (для ориентировочного расчета принимается равный – 2);

$\mu$  - параметр, характеризующий форму русла реки (при параболической форме русла и поймы в I створе  $\mu = 0,6$ ).

1.2. Определяем основные данные движения волны прорыва на I-ом участке.

В соответствии с исходными данными и табл. 1.5.2 (река с хорошо разработанным руслом, с узкими поймами без больших сопротивлений, при уклоне дна  $i=0,001$ ) средняя скорость движения волны на первом участке равна  $V_1 = 10$  км/ч. Время добегаания волны прорыва до II-го створа согласно формуле 1.5.5 составит:

$$t_1 = \frac{L_1}{V_1} = \frac{25}{10} = 2,5 \text{ часа}$$

1.3. Определяем параметры волны прорыва во II-ом створе.

Для определения высоты волны прорыва во II-ом створе находим значение отношения времени добегаания волны до II-го створа ( $t_1$ ) ко времени полного опорожнения водохранилища ( $T_I$ ):

$$\frac{t_1}{T_I} = \frac{2,5}{2,22} = 1,1 \text{ часа}$$

В соответствии формуле 1.5.6 и данным табл. 1.5.3, используя метод интерполяции, определяем отношение высот волны прорыва во II-ом створе и в I-ом створе – 0,35. Таким образом, высота волны прорыва во II-ом створе составит:

$$H_{вII} = 0,35 * H_{вI} = 0,35 * 22 = 7,7 \text{ м}$$

Для определения времени прохождения волны прорыва через II-ой створ ( $T_{II}$ ) используем значение отношения времени добегаания волны до II-го створа ( $t_1$ ) ко времени полного опорожнения водохранилища ( $T_I$ ) – 1,1 и данные табл. 1.5.3. Таким образом, отношение времени прохождения волны прорыва через II-ой створ ко времени ко времени полного опорожнения водохранилища ( $T_I$ ) составит 2,05 и соответственно время прохождения волны прорыва через II-ой створ составит:

$$T_{II} = 2,05 * T_I = 2,05 * 2,22 = 4,55 \text{ часа}$$

1.4. Определяем основные данные движения волны прорыва на втором участке.

В соответствии с исходными данными и табл. 1.5.2 (река с хорошо разработанным руслом, с узкими поймами без больших сопротивлений, при уклоне дна  $i=0,0005$ ) средняя скорость движения волны на первом участке равна  $V_2 = 6,5$  км/ч. Время добегаания волны прорыва до III-го створа согласно формуле 1.5.5 составит:

$$t_2 = \frac{L_2}{V_2} = \frac{25}{6,5} = 3,8 \text{ часа}$$

1.5. Определяем основные данные движения волны прорыва в III-ем створе.

Для определения высоты волны прорыва в III-ем створе находим значение отношения времени добегаания волны до III-го створа ( $t_2$ ) к сумме времени добегаания волны до II-го створа ( $t_1$ ) и времени прохождения волны прорыва через II-ой створ ( $T_{II}$ ):

$$\frac{t_2}{T_{II} + t_1} = \frac{3,8}{4,55 + 2,5} \approx 0,55 \text{ часа}$$

В соответствии формуле 1.5.6 и данным табл. 1.5.3, используя метод интерполяции, определяем отношение высот волны прорыва в III-ем створе и во II-ом створе – 0,6. Таким образом, высота волны прорыва в III-ем створе составит:

$$H_{BIII} = 0,6 * H_{BII} = 0,6 * 7,7 = 4,62 \text{ м}$$

Для определения времени прохождения волны прорыва через III-ий створ ( $T_{III}$ ) используем значение отношения времени добегания волны до III-го створа ( $t_2$ ) к сумме времени добегания волны до II-го створа ( $t_1$ ) и времени прохождения волны прорыва через II-ой створ ( $T_{II}$ ) – 0,55 и данные табл. 1.5.3. Таким образом, отношение времени прохождения волны прорыва через III-ий створ ко времени прохождения волны прорыва через II-ой створ ( $T_{II}$ ) составит 1,6 и соответственно время прохождения волны прорыва через III-ий створ составит:

$$T_{III} = 1,6 * T_{II} = 1,6 * 4,55 \approx 7,3 \text{ часа}$$

**Таким образом:**

- А) Параметры волны прорыва в створе разрушенного гидроузла:  
высота волны прорыва  $H_{BI} = 22$  м;  
время полного опорожнения водохранилища  $T_I = 2,22$  ч.
- Б) Данные движения волны прорыва на первом участке и параметры ее во II-ом створе:  
время добегания волны до II-го створа  $t_1 = 2,5$  ч;  
высота волны прорыва  $H_{BII} = 7,7$  м;  
время прохождения волны через II-ой створ  $T_{II} = 4,55$  ч.
- В) Данные движения волны прорыва на втором участке и параметры ее в III-ем створе:  
время добегания волны прорыва до III-го створа  $t_2 = 3,8$  ч;  
высота волны прорыва  $H_{BIII} = 4,62$  м;  
время прохождения волны через III-ий створ  $T_{III} = 7,3$  ч.
2. Построение графика движения волны прорыва.

По данным, полученным на основе расчета, строится график прохождения волны прорыва согласно последовательности, изложенной в п. 1.5.2. При этом целесообразно масштаб высоты прорыва взять крупнее по сравнению с вертикальным масштабом продольного профиля реки.

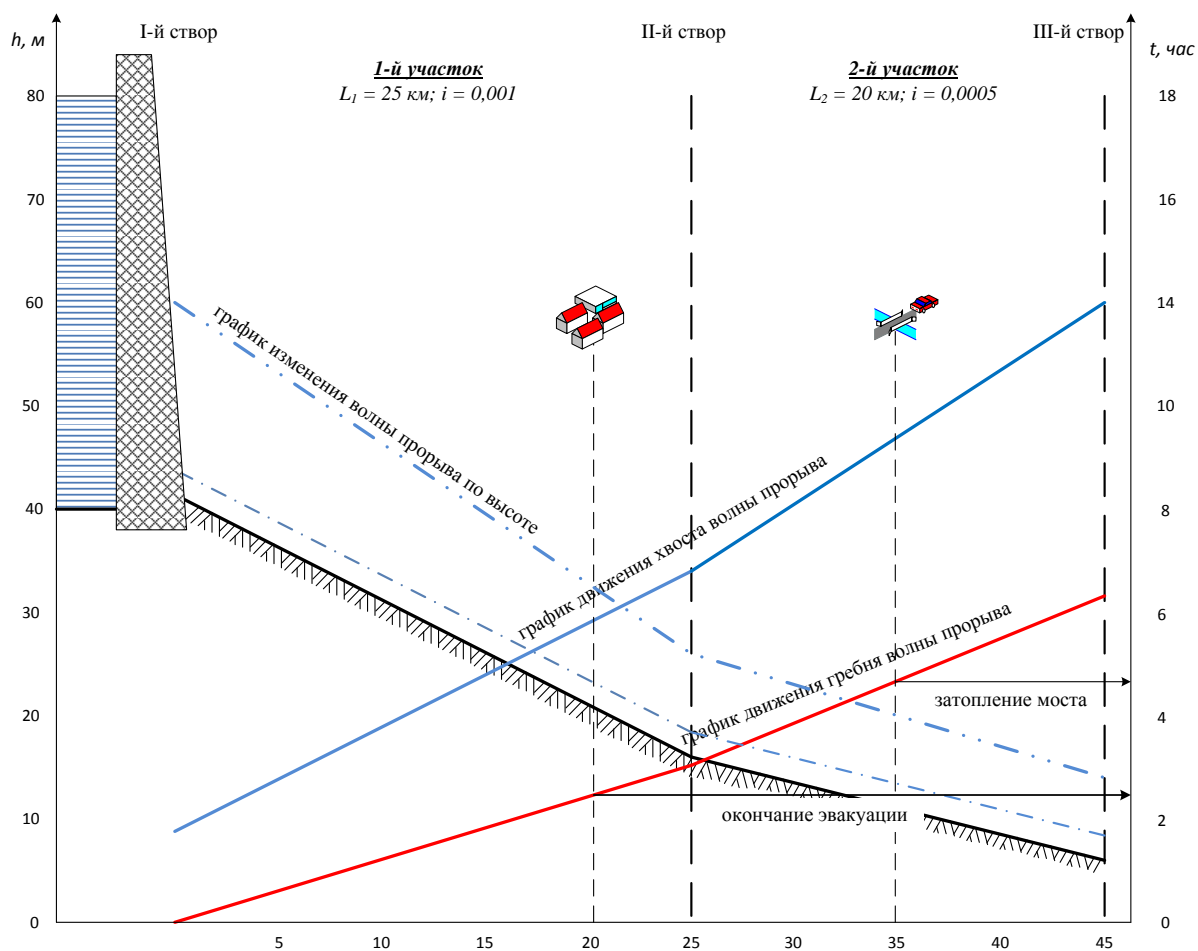


Рис. 2.5.1. График движения волны прорыва

### 3. Оценка разрушений в зонах затопления.

В соответствии с построенным графиком движения волны прорыва определяем:

волна прорыва достигнет населенного пункта *К* через 2,22 часа и деревянного моста через 4,35 часа после разрушения ГТС;

высота волны прорыва составит в районах населенного пункта *К* - 11 м и моста - 9 м.

Учитывая, что скорость движения волны прорыва составляет 10 км/ч и 6,5 км/ч на первом и втором участках соответственно, то согласно данным прил. 6 населенный пункт *К* и деревянный мост будут разрушены полностью.

Задача 16. Условия задачи аналогично условию задачи 15. Задача решается по вариантам (табл. 2.5.1.). Номер варианта соответствует последней цифре порядкового номера, под которым фамилия обучаемого зафиксирована в учебном журнале. Для обучаемого фамилия которого зафиксирована в учебном журнале под номером 11 и более номер варианта соответствует последней цифре.



Таблица 2.5.1

## Варианты исходных данных для решения задачи 14

Номер варианта	Объем водохранилища, млн.м <sup>3</sup>	Ширина водохранилища перед плотиной, м	Глубина водохранилища перед гидрозломом, м	Глубина реки ниже плотины, м	Скорость течения, м/с	Форма (сечение) долины в створе гидроузла	Морфологическая характеристика	Протяженность участков, км	Уклон реки на участках	Объекты и их удаленность, км	
										№ 1	№ 2
1	50	45	25	2,5	0,7	параболическая	естественное русло в благоприятных условиях	20;	0,001;	поселок - кирпичные 2-этажные дома, 15	металлический мост, 30
2	60	50	30	2,7	0,8			20	0,0008		
3	70	55	35	2,8	0,9			25;	0,0012;		
4	80	65	40	3,0	1,0			25	0,001		
5	85	100	45	3,2	0,9			20;	0,0015;		
6	50	45	25	2,5	0,7	треугольная	русло средней реки, значительно засорено	15;	0,001;	Промышленные здания с железобетонным каркасом, 10	железобетонный мост, 25
7	60	50	30	2,7	0,8			15	0,0008		
8	70	55	35	2,8	0,9			20;	0,0012;		
9	80	65	40	3,0	1,0			20	0,001		
10	85	100	45	3,2	0,9			прямоугольная	20;		
								15	0,0012		
								20;	0,0012;		
								15	0,0008		
								20;	0,001;		
								10	0,0005		

**1.6 Оценка обстановки в районе воздействия цунами**

**Задача 17.** По результатам наблюдения прогнозируется землетрясение с эпицентром в акватории океана.

Исходные данные:

магнитуда прогнозируемого землетрясения –  $M=8$ ;

расстояние эпицентра землетрясения от берега –  $L=500$  км;

глубина океана в эпицентре землетрясения –  $H=4000$  м;

уклон берега –  $i=0,001$ .

Определить:

параметры волны цунами и последствия ее воздействия на здание, расположенное на удалении  $S=2$  км от уреза воды.

Решение.

1. Возникновение цунами и распространение волн в океане.

Скорость распространения волн цунами в соответствии с исходными данными и согласно формуле 1.6.1. составит:

$$C = \sqrt{2 * g * H} = \sqrt{2 * 9,8 * 4 * 10^3} = 280 \text{ м/с}$$

Время распространения волн цунами от эпицентра до берега согласно формуле 1.6.2 составит:

$$t = \frac{L}{C} = \frac{5 * 10^5}{280} \approx 1786 \text{ с} \approx 29,8 \text{ минут}$$

2. Интенсивность гидравлического возникновения при распространении волн цунами на берегу.

Высота волны цунами в соответствии с данными табл. 1.6.1 при магнитуде  $M = 8$  может быть от 4 до 6 м, исходя из самого неблагоприятного варианта, принимаем  $h_0 = 6$  м.

В этом случае глубина гидропотока у уреза воды согласно формуле 1.6.3 составит:

$$h_{\text{ур}} = 1,5 * h_0 = 1,5 * 6 = 9 \text{ м}$$

Скорость распространения потока у уреза воды согласно формуле 1.6.4 составит:

$$U_{\text{ур}} = 3 * \sqrt{h_{\text{ур}}} = 3 * \sqrt{9} = 9 \text{ м/с}$$

где 3 - коэффициент с размерностью, м<sup>1/2</sup>/с.

Коэффициент шероховатости согласно формуле 1.6.5 составит:

$$n = \frac{h_{\text{ур}}^{0,7} * i^{0,5}}{U_{\text{ур}}} = \frac{9^{0,7} * 0,001^{0,5}}{9} = 0,016$$

Дальность распространения воды по берегу согласно формуле 1.6.6 составит:

$$S_k = \frac{h_{\text{ур}} * (1 - n) - h_k}{i * (1 - n)} = \frac{9 * (1 - 0,016) - 0,5}{0,001 * (1 - 0,016)} \approx 8492 \text{ м}$$

где  $h_k$  - глубина потока в конечной рассматриваемой точке, принятая равной 0,5 м.

Высота волны на заданном расстоянии ( $S = 2$  км) от берега согласно формуле 1.6.7 составит:

$$h = (h_{\text{ур}} - i * S) * (1 - n) = (9 - 0,001 * 2000) * (1 - 0,016) \approx 6,9 \text{ м}$$

Скорость распространения гидравлического потока в заданной точке при полученном значении высоты волны ( $h$ ) согласно формуле 1.6.8 составит:

$$U = U_{yp} * \left( \frac{h}{h_{yp}} \right)^{0,7} = 9 * \left( \frac{6,9}{9} \right)^{0,7} \approx 7,5 \text{ м/с}$$

Давление на расчетное здание согласно формуле 1.6.12 составит:

$$P = \frac{\rho * (g * h + \beta * U^2)}{2} = \frac{1000 * (9,8 * 6,9 + 1,4 * 7,5^2)}{2} = 61935 \text{ Па}$$

3. Оценка обстановки в районе воздействия цунами.

Согласно полученным результатам расчетов и данным табл. 1.6.2 на удалении 2 км от уреза воды характер разрушений будет соответствовать полному разрушению.

Задача 18. Условия задачи аналогично условию задачи 17. Задача решается по вариантам (табл. 2.5.1.). Номер варианта соответствует последней цифре порядкового номера, под которым фамилия обучаемого зафиксирована в учебном журнале. Для обучаемого фамилия которого зафиксирована в учебном журнале под номером 31 и более номер варианта соответствует последней цифре, т.е. для них используются данные вариантов №№ 1 - 10.

Таблица 2.6.1

Варианты исходных данных для решения задачи 18

№ варианта	Магнитуда прогнозируемого землетрясения, $M$	Расстояние эпицентра землетрясения от берега, км	Глубина океана в эпицентре землетрясения, м	Уклон берега	Расстояние от берега до расчетного объекта, км
1	2	3	4	5	6
1	7,1	200	4000	0,001	1
2	7,2	300	4000	0,001	1,5
3	7,3	400	4000	0,001	2,5
4	7,4	500	4000	0,001	3
5	7,5	600	4000	0,001	3,5
6	7,6	700	4000	0,001	0,5
7	7,7	800	4000	0,001	1
8	7,8	900	4000	0,001	2
9	7,9	1000	4000	0,001	3
10	8	1100	5000	0,001	4
11	8,1	1200	5000	0,002	3,5
12	8,2	1300	5000	0,002	2,1
13	8,3	1400	5000	0,003	3
14	8,4	1500	5000	0,004	4
15	8,5	1600	3000	0,005	5

Продолжение таблицы 2.6.1

1	2	3	4	5	6
16	8,6	1700	3000	0,005	3,5
17	8,7	1800	3000	0,005	2,5
18	8,8	1900	3000	0,005	1,5
19	8,9	2000	3000	0,005	0,5
20	9	2100	3000	0,005	2
21	6,6	2200	3000	0,001	1
22	6,7	2300	3000	0,001	3
23	6,8	2400	3000	0,002	1
24	6,9	2500	4000	0,002	1
25	7	2600	4000	0,001	2
26	7,1	2700	4000	0,001	2
27	7,2	2800	4000	0,002	1
28	7,3	2900	4000	0,001	3
29	7,4	3000	4000	0,001	2
30	7,5	3100	4000	0,001	4

### 1.7 Расчет оценки затрат на смягчение последствий землетрясений

Задача 19. Планируется строительство здания школы в зоне сейсмического риска.

Исходные данные:

номинальная численность учеников вместе с обслуживающим персоналом –  $N = 1000$  человек;

срок службы здания –  $t = 100$  лет;

вероятные потери от номинальной численности людей, если здание школы построено без учета сейсмического риска –  $p = 90\%$ ;

средний возраст учеников вместе с обслуживающим персоналом –  $t_{ж} = 14$  лет;

продолжительность нахождения людей в здании за сутки – 8 часов;

характеристика зоны сейсмического риска:

магнитудавозможного землетрясения –  $M = 8$ ;

частота землетрясений заданной магнитуды – 1 раз в  $T = 1000$  лет.

Определить:

дополнительные суммарные затраты, которые следует выделить на проектирование, строительство и эксплуатацию здания в течение срока его службы, чтобы учесть сейсмический риск.

Решение.

1. Определение экономического эквивалента человеческой жизни.

Экономический эквивалент жизни среднестатистического человека без различия пола в среднем возрасте в соответствии с исходными данными и согласно формуле 1.7.3 составит:

$$\mathcal{E}_{(t_{ж})} = \frac{D_{с2}}{P_y} = \frac{104832}{0,0152} = 6896842 \text{ руб}$$

Экономический эквивалент жизни новорожденного согласно формуле 1.7.2 составит:

$$\mathcal{E}_0 = \frac{\mathcal{E}_{(t_{ж})}}{\exp \left[ - \left( \frac{t_{ж} - c}{a} \right)^b \right]} = \frac{6896842}{\exp \left[ - \left( \frac{38,46 - 0}{43,31} \right)^{1,86} \right]} = 15377574 \text{ руб}$$

где  $a, b, c$  – параметры плотности распределения вероятностей возраста ( $t_{ж}$ ) живущих людей:  $a$  – параметр масштаба;  $b$  – параметр формы;  $c$  – параметр сдвига (прил. 7);

$T_{ж}$  – средний возраст живущих людей в стране (прил. 7).

Экономический эквивалент жизни среднестатистического человека заданного возраста ( $t_{ж} = 14$  лет) согласно формуле 1.7.1 составит:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{(t_{ж})} &= \mathcal{E}_0 * \exp \left[ - \left( \frac{t_{ж} - c}{a} \right)^b \right] = 15377574 * \exp \left[ - \left( \frac{14 - 0}{43,31} \right)^{1,86} \right] \approx \\ &\approx 13611460 \text{ руб} \end{aligned}$$

2. Определение вероятности землетрясения и среднего ожидаемого числа погибших людей.

Вероятность землетрясения с заданной магнитудой в период функционирования школы согласно формуле 1.7.5 составит:

$$P = 1 - e^{-\frac{t}{T}} = 1 - e^{-\frac{100}{1000}} = 0,095$$

Среднее ожидаемое число погибших людей за период функционирования школы, если она будет построена без учета сейсмического риска (при условии 90 % погибающих) согласно формуле 1.7.6 составит:

$$N_{п} = \frac{N * t * p * P}{24} = \frac{1000 * 8 * 0,9 * 0,095}{24} \approx 29 \text{ человек}$$

3. Определение суммарного экономического эквивалента жизней погибших.

Суммарный экономический эквивалент жизней погибших согласно формуле 1.7.7 составит:

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \mathcal{E}_{(t_{ж})} * N_{п} = 13611460 * 29 = 394732340 \text{ руб}$$

Вывод: данный показатель является верхним пределом дополнительных суммарных затрат, которые следует выделить на проектирование, строительство и эксплуатацию здания школы для снижения вероятности гибели людей при землетрясении.

Задача 20. Условия задачи аналогично условию задачи 19. Задача решается по вариантам (табл. 2.7.1.). Номер варианта соответствует последней цифре порядкового номера, под которым фамилия обучаемого зафиксирована в учебном журнале. Для обучаемого, фамилия которого зафиксирована в учебном журнале под номером 16 и более, номер варианта соответствует последней цифре, т.е. для них используются данные вариантов №№ 1 - 10.

Таблица 2.7.1

Варианты исходных данных для решения задачи 20

№ варианта	Номинальная численность учеников вместе с обслуживающим персоналом, чел	Срок службы здания, лет	Вероятные потери от номинальной численности людей, если здание школы построено без учета сейсмического риска, %	Средний возраст учеников вместе с обслуживающим персоналом, лет	Продолжительность нахождения людей в здании за сутки, час	Частота землетрясений заданной магнитуды, 1/лет
1	200	90	50	20	8	1400
2	300	80	60	30	6	490
3	900	70	70	10	12	780
4	600	60	70	14	9	1470
5	700	100	70	18	12	800
6	90	110	75	43	8	780
7	50	120	90	32	7	2000
8	70	130	40	29	24	2700
9	900	126	30	51	12	2800
10	1000	111	50	28	8	1900
11	400	59	90	31	7	3000
12	60	89	70	37	6	3200
13	40	99	92	42	5	3600
14	49	79	49	49	12	1340
15	24	90	50	30	8	1400

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Учебно-методическое пособие, являясь логическим дополнением учебника «Опасные природные процессы», позволяет не только закрепить теоретические знания и сформировать (закрепить) практические навыки в проведении оперативных расчетов, но и способствует формированию компетенций у выпускника Академии ГПС МЧС России, как квалифицированного специалиста в сфере снижения рисков природного характера.

Учебно-методическое пособие, по мнению авторов, также способствует более качественной подготовке обучающихся по очной форме обучения накануне учебных занятий, а так же – самостоятельному формированию практических навыков в ходе самостоятельного изучения дисциплины у обучающихся по заочной форме обучения.

Данное учебно-методическое пособие также может быть использовано при подготовке и в ходе командно-штабных учений и тренировок, проводимых по планам Академии и МЧС России.

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная:

1. Баринов А.В., Седнев В.А., Шевчук А.Б. и др. Опасные природные процессы. Учебник – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011 г., 302 с.
2. Баринов А.В., Седнев В.А., Неровных А.Н. Чрезвычайные ситуации природного характера. Ч.1. Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2010 г., 102 с.
3. Баринов А.В., Седнев В.А., Неровных А.Н. и др.. Чрезвычайные ситуации природного характера. Ч.2. Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2010 г., 58 с.
4. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций: учебник в 3-х частях. Часть 2. Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации ЧС. Книга 2. Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в ЧС. /Под общей редакцией С. К. Шойгу/ Г.К. Саков, М.П. Цивилёв, И.С. Поляков и др.- М.: ЗАО «ПАПИ-РУС», 1998 г.-166с.

### Дополнительная:

1. Баринов А.В. Чрезвычайные ситуации природного характера и защита от них. Учебное пособие для вузов. – М.:Владос – Пресс, 2003. – 496 с.
2. Акимов В.А., Новиков В.Д., Радаев Н.Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2001. – 344 с.
3. Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. и др. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2007. – 616 с.
4. Природные опасности России. Природные опасности и общество. Тематический том. Под общей редакцией Осипова В.И., Шойгу С.К. – М.: Издательская фирма «КРУК», 2002.-248 с.
5. Кириллова Т.Н, Безопасность и защита населения в чрезвычайных ситуациях. Учебник для населения. – М.: ИЦ Энас, 2003. – 259 с.
6. Федеральный закон РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.94. № 68.
7. Постановление Правительства РФ от 21.05. 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
8. ГОСТ.Р.22.0.03.95. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.



## Степени повреждения объектов при воздействии селевых потоков

Объекты	Разрушение	Сильное повреждение	Среднее повреждение	Слабое повреждение
Здания со стальными и железобетонными каркасами	0,90...1,50*	0,75...0,90	0,75...0,81	0,45...0,81
Здания с легким металлическим каркасом или бескаркасной конструкции	0,75...1,05	0,45...0,75	0,30...0,45	0,15...0,30
Здания из сборного железобетона	0,60...1,90	0,45...0,60	0,30...0,45	0,15...0,30
Кирпичные здания, бескаркасные, с покрытием из железобетонных элементов, малоэтажные	0,68...0,98	0,53...0,68	0,30...0,53	0,20...0,30
Тоже многоэтажные (три этажа и более)	0,53...0,68	0,38...0,53	0,23...0,38	0,15...0,23
Склады-навесы из железобетонных элементов	1,50...1,60	1,20...1,50	0,53...1,20	0,30...0,53
Административные многоэтажные здания с металлическим и железобетонным каркасом	0,75...0,90	0,60...0,75	0,45...0,60	0,30...0,45
Деревянные здания	0,30...0,45	0,18...0,30	0,12...0,18	0,09...0,12
Здания фидерной и трансформаторной подстанции из кирпича или блоков	0,90...1,20	0,60...0,90	0,30...0,60	0,15...0,30
Здания ГЭС (монолитный железобетон)	4,50...5,00	3,00...4,50	1,50...3,00	0,75...1,50
Наземные стальные газгольдеры, резервуары для хранения нефте- и химпродуктов	0,60...0,68	0,45...0,6	0,30...0,45	0,23...0,30
Тоже частично заглубленные	1,50...1,60	1,20...1,50	0,75...1,20	0,45...0,75
Стальные и железобетонные подземные резервуары для нефте- и химпродуктов	3,00...3,20	1,50...3,00	1,05...1,50	0,60...1,05
Водонапорные башни	0,90...0,98	0,60...0,90	0,30...0,60	0,15...0,30
Воздушные линии низкого напряжения	2,50...2,60	1,50...2,50	0,90...1,50	0,60...0,90
Тоже высокого напряжения	1,05...1,13	0,75...1,05	0,45...0,75	0,38...0,45
Подземные стальные трубопроводы диаметром до 35 см.	30,00...34,00	23,00...30,00	15,00...23,00	9,00...15,00
Тоже, свыше 35 см.	15,00...18,00	9,00...15,00	5,50...9,00	3,00...5,50

## Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5
Трубопроводы на металлических и железобетонных эстакадах	0,75...0,90	0,60...0,75	0,50...0,60	0,30...0,50
Заглубленные сети коммунального хозяйства (водопровод, газопровод, канализация)	23,00...25,00	15,00...23,00	6,00...15,00	2,50...6,00
Радиорелейные линии телефонно-телеграфной связи	1,80...1,90	1,05...1,80	0,75...1,05	0,45...0,75
Воздушные линии телефонно-телеграфной связи	1,50...1,70	0,90...1,50	0,60...0,90	0,30...0,60
Кабельные подземные линии связи	1,60...1,80	1,00...1,60	0,65...1,00	0,40...0,65
Мосты из металла и железобетона пролетом до 50 м.	3,80...4,50	3,00...3,80	2,30...3,00	1,50...2,30
Деревянные мосты	2,50...3,00	1,60...2,50	0,90...1,60	0,60...0,90
Земляные плотины	15,00...20,00	12,00...15,00	10,00...12,00	3,00...10,00
Бетонные плотины	150	75,00...140,00	30,00...75,00	15,00...30,00

\* Указано суммарное давление селевого потока ( $10^5$  Па)

Частоты возникновения на территории России бурь и ураганов с  
различной скоростью ветра

Регион, город	Максимальная скорость ветра, м/с, при частоте 1 / год		
	0,2	0,05	0,02
1	2	3	4
<b>Алтайский край</b>			
Барнаул	35	42	48
Камень - на - Оби	29	35	39
Рубцовск	30	36	41
<b>Краснодарский край</b>			
Армавир	31	37	42
Ейск	30	36	41
Новороссийск	42	50	57
Сочи	28	33	38
<b>Красноярский край</b>			
Абакан	30	36	41
Ачинск	31	37	42
Боготол	29	35	39
Диксон	42	50	57
Дудинка	32	38	44
Норильск	40	48	55
<b>Приморский край</b>			
Владивосток	37	44	50
Находка	45	54	62
<b>Ставропольский край</b>			
Пятигорск	26	31	38
Ставрополь	43	52	59
Черкесск	42	50	57
<b>Хабаровский край</b>			
Комсомольск-на-Амуре	28	33	38
Аян	36	43	49
Охотск	27	32	37

## Продолжение приложения 2

1	2	3	4
Хабаровск	27	32	37
Андерма	43	52	59
Канин Нос	35	42	48
Малые Кармакулы	68	82	94
Нарьян-Мар	29	35	39
Арзамас	27	32	37
Иваново	23	27	31
Зима	27	32	37
Тайшет	27	32	37
Кострома	28	33	38
Волхов	27	32	37
Анадырь	45	53	62
Невельск	30	36	41
Холмск	34	41	46
Оха	37	44	50
Южно-Сахалинск	27	32	37
Магнитогорск	30	36	41
Челябинск	23	27	31
Уфа	40	48	55
Улан-Удэ	26	31	35
Махачкала	38	45	52
Новосибирск	26	31	35
Орел	27	32	37
Ростов-на-Дону	26	31	35
Таганрог	27	32	37
Рязань	26	31	35
Саратов	28	33	38
Томск	32	38	44
Березово	26	31	35
Салехард	32	38	44

Продолжение приложения 2

1	2	3	4
Вилуйск	26	31	35
Тобольск	26	31	35
Воркута	30	36	41
Сургут	26	31	35
Кемь	26	31	35
Петрозаводск	26	31	35

Справочные данные по степеням разрушения  
зданий и сооружений при ураганах

№ п/п	Типы конструктивных решений здания, сооружений и оборудования	Скорость ветра, м/с			
		Степень разрушения			
		слабая	средняя	сильная	полная
1	2	3	4	5	6
1.	Промышленные здания с легким металлическим каркасом и здания бескаркасной конструкции	25-30	30-50	50-70	>70
2.	Кирпичные малоэтажные здания	20-25	25-40	40-60	>60
3.	Кирпичные многоэтажные здания	20-25	25-35	35-50	>50
4.	Административные многоэтажные здания и здания с металлическим и железобетонным каркасом	20-35	35-50	50-60	>60
5.	Крупнопанельные жилые здания	20-30	30-40	40-50	>50
6.	Складские кирпичные здания	25-30	30-45	45-55	>55
7.	Легкие склады навесы с металлическим каркасом и шиферной кровлей	15-20	20-45	45-60	>60
8.	Склады навесы из железобетонных элементов	25-35	35-55	55-70	>70
9.	Трансформаторные подстанции закрытого типа	35-45	45-70	70-100	>10
<b>Водонапорные башни</b>					
10.	кирпичные	30-35	35-55	55-85	>85
11.	стальные	30-35	35-55	55-85	>85
<b>Резервуары</b>					
12.	наземные металлические	30-40	40-55	55-70	>70
13.	частично заглубленные	35-45	45-65	65-85	>85
14.	Газгольдеры	30-35	35-45	45-55	>55
<b>Градирни</b>					
15.	прямоугольные вентилляторные с железобетонным или стальным каркасом	15-20	20-30	30-40	>40
16.	цилиндрические вентилляторные из монолитного или сборного железобетона	20-25	25-35	35-45	>45

Продолжение приложения 3

1	2	3	4	5	6
<b>Насосные станции</b>					
17.	наземные кирпичные	25-35	30-40	40-50	>45
18.	наземные железобетонные	25-35	35-45	45-55	>50
19	полузаглубленные железобетонные	35-40	40-50	50-65	>65
20	Ректификационные колонны	25-35	30-40	40-50	>55
21	Открытое распределительное устройство	20-25	25-35	35-55	>55
22	Крановое оборудование	35-40	40-55	55-65	>65
23	Подъемно-транспортное оборудование	35-40	40-50	50-60	>60
24	Контрольно-измерительные приборы	20-25	25-35	35-45	>45
<b>Трубопроводы</b>					
25	наземные	35-45	45-60	60-80	>80
26	на металлических или железобетонных эстакадах	35-40	40-55	55-65	>65
27	Кабельные наземные линии	25-30	30-40	40-50	>50
28	Воздушные линии низкого напряжения	25-30	30-45	45-60	>60
29	Кабельные наземные линии связи	20-25	25-35	35-50	>50

Характеристика степеней разрушения зданий и сооружений

Здания, сооружения и оборудование	Степень разрушения		
	Слабая	Средняя	Сильная
Производственные и административные здания	Разрушение наименее прочных конструкций зданий и сооружений: заполнения дверных и оконных проемов; небольшие трещины в стенах, откалывание штукатурки, падение кровельных черепиц, трещины в дымовых трубах или падение их отдельных частей	Разрушение перегородок, кровли, части оборудования; большие и глубокие трещины в стенах, падение дымовых труб, разрушение оконных и дверных заполнений, появление трещин в стенах	Значительные деформации несущих конструкций; сквозные трещины и проломы в стенах, обрушения частей стен и перекрытий верхних этажей, деформация перекрытий нижних этажей
Технологическое оборудование	Повреждение и деформация отдельных деталей электропроводки, приборов автоматики	Повреждение шестерен и повреждение передаточных механизмов, обрыв маховиков и рычагов управления, разрыв приводных ремней	Смещение с фундаментов и деформация станин, трещины в деталях, изгиб валов и осей
Подъемно-транспортные механизмы, крановое оборудование	Частичное разрушение и деформация обшивки повреждение стекол и приборов	Повреждение наружного оборудования, разрыв трубопроводов системы питания, смазки и охлаждения	Опрокидывание, срыв отдельных частей, общая деформация рамы
Газгольдеры, резервуары для нефтепродуктов и сжиженных газов	Небольшие вмятины, деформация трубопроводов, повреждение запорной арматуры	Смещение на опорах, деформация оболочек, подводящих трубопроводов, повреждение запорной арматуры	Срыв с опор, опрокидывание, разрушение оболочек, обрыв трубопроводов и запорной арматуры
Трубопроводы	Повреждения стыковых соединений, частичное повреждение КИП	Разрывы стыковых соединений, повреждения КИП и запорной арматуры, переломы труб на вводах в отдельных местах	Переломы труб на вводах. Разрыв и деформация труб. Сильные повреждения арматуры



Приложение 5

Структура потерь населения в разрушенных зданиях при ураганах

Структура потерь	Степени разрушения зданий			
	Слабая	Средняя	Сильная	Полная
Общие	5	30	60	100
Безвозвратные	0	8	15	60
Санитарные	5	22	45	40

Степени разрушения зданий и сооружений в зависимости от динамического напора волны прорыва

Характеристика зданий и сооружений	Разрушения					
	полные и сильные		средние		слабые	
	$V$	$h$	$V$	$h$	$V$	$h$
1	2	3	4	5	6	7
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 легким металлическим каркасом и здания бескаркасной постройки	5	2,5	3,5	2	2	1,5
Кирпичные дома средней этажности (4 этажа)	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
<b>Оборудование портов и промышленных предприятий</b>						
Станочное 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

Продолжение приложения 6

1	2	3	4	5	6	7
Крановое оборудование: портальный кран грузоподъемностью						
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
<b>Мосты, дороги и транспортные средства</b>						
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 пролетом 30-100 м	2	3	1	2	0	0,5
То же с пролетом более 100 м	2	2,5	1	2	0	0,5
Железнодорожные пути	2	2	1	1	0,5	0,5
Дороги с гравийным (щебеночным) 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 железнодорожный состав	3,5	3	3	1,5	1,5	1
<b>Плавучие средства</b>						
Мелкие речные суда, катера с осадкой не менее 2 м	5	2	4	1,5	2	1,5
Вспомогательные суда (плавкраны, землечерпательные снаряды и т.д.)	7	2	4	1,5	2	1,5
Крупные речные пассажирские и грузовые суда (с осадкой более 2,5 м)	9	2	5	1,5	3	1,5
Плавдоки	8	2	5	1,5	3	1,5
Плавучие причалы	9	2	6	2	3	2

## Экономический эквивалент человеческой жизни

Параметры		Страна, год							
Условное обозначение	Наименование	Россия, 2006	ФРГ, 2005	Великобритания, 2005	Франция, 2005	Нидерланды, 2005	США, 2004	Швеция, 2005	Португалия, 2005
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D_{с2}$	Среднедушевой располагаемый денежный годовой доход (для евро - по паритету покупательной способности)	104 832 рублей	21 329 евро	24 715 евро	22 790 евро	24486 евро	34 675 долларов	23 942 евро	13 881 евро
$P_y$	Фоновый риск смерти людей (общий коэффициент смертности $K_c$ )	0,0152	0,0099	0,0097	0,0084	0,0084	0,0084	0,0101	0,0097
$T_{ж}$	Средний возраст живущих людей (годы)	38,46	41,20	36,79	38,89	38,46	35,83	40,42	39,60
$a$	Параметры плотности распределения вероятностей возраста живущих людей: параметр масштаба	43,31	46,40	40,97	43,65	43,26	39,82	45,47	44,55
$b$	параметр формы	1,86	1,91	1,58	1,73	1,79	1,55	1,78	1,82
$c$	параметр сдвига	0	0	0	0	0	0	0	0
$\mathcal{E}_{(T_{ж})}$	Экономический эквивалент жизни среднестатистического человека возраста $T_{ж}$ : в национальных денежных единицах (млн.) в евро (млн.) по обменному курсу	6,90 0,20	2,15	2,55	2,71	2,92	4,13 3,33	2,37	1,43

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\mathcal{E}(t_{ж})$	Экономический эквивалент жизни среднестатистического человека в возрасте $t_{ж}$ лет (млн. национальных денежных единиц)								
$\mathcal{E}_0$	0 лет	15,38	4,77	5,93	6,15	6,56	9,65	5,33	3,20
$\mathcal{E}_{10}$	10 лет	14,40	4,52	5,32	5,69	6,10	8,58	4,98	3,00
$\mathcal{E}_{20}$	20 лет	12,12	3,90	4,29	4,75	5,10	6,84	4,23	2,54
$\mathcal{E}_{30}$	30 лет	9,28	3,09	3,22	3,65	3,90	5,06	3,31	1,97
$\mathcal{E}_{40}$	40 лет	6,49	2,25	2,26	2,60	2,75	3,53	2,40	1,41
$\mathcal{E}_{50}$	50 лет	4,16	1,51	1,51	1,76	1,80	2,33	1,63	0,93
$\mathcal{E}_{60}$	60 лет	2,46	0,93	0,95	1,09	1,09	1,46	1,04	0,57
$\mathcal{E}_{70}$	70 лет	1,34	0,53	0,58	0,64	0,62	0,88	0,62	0,33
$\mathcal{E}_{80}$	80 лет	0,67	0,28	0,33	0,35	0,32	0,51	0,35	0,18
$\mathcal{E}_{90}$	90 лет	0,31	0,14	0,18	0,19	0,16	0,28	0,18	0,09
$\mathcal{E}_{100}$	100 лет	0,13	0,06	0,09	0,09	0,07	0,15	0,09	0,04
	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении (годы)	65,6	78,9	78,6	79,6	78,8	77,7	80,6	77,5

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
I. Теоретическая часть.....	5
1.1 Анализ характера разрушения зданий при землетрясении.....	5
1.2 Расчет движения и трансформации селевого потока, основных параметров лавин и прогнозирование оползней.....	13
1.2.1 Расчет прорывного селя.....	13
1.2.2 Расчет селя от дождевого паводка.....	15
1.2.3 Расчет основных параметров лавин.....	18
1.2.4 Прогнозирование оползней.....	22
1.3 Оценка последствий ураганов.....	24
1.4 Определение гидрологических и морфологических характеристик рек при прогнозировании паводкового наводнения.....	26
1.5 Расчет параметров волны прорыва при катастрофическом затоплении местности от разрушений гидротехнических сооружений (ГТС).....	31
1.6 Оценка обстановки в районе воздействия цунами.....	38
1.7 Расчет оценки затрат на смягчение последствий землетрясений.....	42
II. Практическая часть.....	45
2.1 Анализ характера разрушения зданий при землетрясении.....	45
2.2 Расчет движения и трансформации селевого потока, основных параметров лавин и прогнозирование оползней.....	50
2.2.1 Расчет прорывного селя.....	50
2.2.2 Расчет селя от дождевого паводка.....	53
2.2.3 Расчет основных параметров лавин.....	56
2.2.4 Прогнозирование оползней.....	58
2.3 Оценка последствий ураганов.....	60
2.4 Определение гидрологических и морфологических характеристик рек при прогнозировании паводкового наводнения.....	61
2.5 Расчет параметров волны прорыва при катастрофическом затоплении местности от разрушений гидротехнических сооружений (ГТС).....	64
2.6 Оценка обстановки в районе воздействия цунами.....	69

2.7 Расчет оценки затрат на смягчение последствий землетрясений.....	72
Заключение.....	75
Литература.....	76
Приложения	
1. Степени повреждения объектов при воздействии селевых потоков.....	77
2. Частоты возникновения на территории России бурь и ураганов с различной скоростью ветра.....	79
3. Справочные данные по степеням разрушения зданий и сооружений при ураганах.....	82
4. Характеристика степеней разрушения зданий и сооружений.....	84
5. Структура потерь населения в разрушенных зданиях при ураганах.....	85
6. Степени разрушения зданий и сооружений в зависимости от динамического напора волны прорыва.....	86
7. Экономический эквивалент человеческой жизни.....	88

Учебное издание

Крюков Евгений Валентинович,  
Бутенко Виталий Михайлович

Учебно-методическое пособие  
по изучению дисциплины

## «ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ»

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Формат 60×90 1/16.  
Печ. л. 7,5. Уч.-изд. л. 5,4. Бумага офсетная.  
Тираж 150 экз. Заказ

Академия ГПС МЧС России  
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4