



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

## **Прогнозирование и оценка обстановки при землетрясениях**

Отчет по практической работе 1  
по дисциплине «Опасные природные процессы»

Вариант - №2

**Выполнил студент группы:**

**Проверил преподаватель:**

Томск – 2023 г.

### **Задание:**

Населённый пункт с числом жителей  $N = 40\ 000$  человек, расположенный на песчаном грунте и имеющий бескаркасные здания из местного материала без фундамента, а также малоэтажные кирпичные здания (до 4 этажей), крупнопанельные здания, построенные на полускальных грунтах, оказался в зоне действия землетрясения магнитудой  $M = 7$ , эпицентр которого находился в  $R = 45$  км от населённого пункта, а гипоцентр на глубине  $h = 25$  км.

Определить степень разрушения зданий и потери среди населения города.

### **Решение:**

1. По формуле (1) определяем интенсивность землетрясения:

$$J(R) = 3 + 1,5M - 3,5 \lg \sqrt{R^2 + h^2} = 3 + 1,5 \cdot 7 - 3,5 \lg \sqrt{45^2 + 25^2} = 7,5 \text{ бала}$$

2. Определим реальную интенсивность землетрясения, степень разрушения зданий и сооружений и людские потери в зависимости от типа грунта.

***Бескаркасные здания из местного материала без фундамента на песчаном грунте***

Так как грунт, на котором построены эти здания и грунт окружающей местности одинаков, то приращение балльности  $\Delta J_{\text{пост}}$  и  $\Delta J_{\text{о.м.}}$  (табл. 1) одинаково и для песчаного грунта составляет 1,6. Реальная интенсивность землетрясения, определяется по формуле (3):

$$J_{\text{реал}} = J(R) - (\Delta J_{\text{пост}} - \Delta J_{\text{о.м.}}) = 7,5 - (1,6 - 1,6) = 7,5 \text{ балла.}$$

Для зданий рассматриваемого типа параметр сейсмостойкости  $J_c = 4$  (табл. 2),  $J_{\text{реал}} - J_c = 7,5 - 4 = 3,5$  и согласно табл. 5 осреднённая степень разрушения зданий  $J_{\text{ср}} = 2,8$ . Вероятность общих потерь населения в домах рассматриваемого типа при условии, что все дома получают третью степень разрушения ( $I = 3$ ), по данным табл. 4 составят  $P_{\text{общ}}^3 = 0,05$ , безвозвратных  $P_{\text{безв}}^3 = 0,01$

Для более точного определения структуры потерь населения по табл. 6 по разности величин  $J_{\text{реал}} - J_c = 3,5$  находим вероятность возникновения различных степеней повреждения здания: для первой степени  $P_{1=1}^3 = 0,1$ ; для второй степени  $P_{1=2}^3 = 0,3$ ; для третьей степени  $P_{1=3}^3 = 0,5$  и для четвертой степени  $P_{1=4}^3 = 0,1$ .

Затем по формулам (4) – (6) находим структуру потерь:

- вероятность общих потерь населения

$$P_{\text{общ}}^3 = 0,05 \cdot (P_{1=3}^3 + P_{1=4}^3) + 0,95 \cdot P_{1=5}^3 = 0,05 \cdot (0,5 + 0,1) = 0,03$$

- вероятность безвозвратных потерь населения

$$P_{\text{безв}}^3 = 0,01 \cdot P_{1=3}^3 + 0,17 \cdot P_{1=4}^3 + 0,65 \cdot P_{1=5}^3 = 0,01 \cdot 0,5 + 0,17 \cdot 0,1 = 0,022$$

- вероятность санитарных потерь населения

$$P_{сан} = P_{общ} - P_{безв} = 0,03 - 0,022 = 0,008$$

Таблица 6

Вероятность  $P_1^3$  получения зданиями различной степени повреждения (I)

$J - J_c$	Степень повреждения					
	0	1	2	3	4	5
0	0,9	0,1				
1	0,4	0,5	0,1			
2	0,1	0,3	0,5	0,1		
3	0	0,1	0,3	0,5	0,1	
4	0	0	0,1	0,3	0,5	0,1
5	0	0	0	0,1	0,3	0,6
6	0	0	0	0	0,1	0,9

Землетрясение произошло ночью, когда 94 % населения (табл. 7) находится в жилых домах, в бескаркасных зданиях из местных материалов проживает 20 % жителей населённого пункта  $N_3 = 0,94 \cdot 0,2 \cdot 40\ 000 = 7\ 520$  человек, тогда по формулам (7):

$$N_{общ} = P_{общ} \cdot N_3 = 0,03 \cdot 7520 = 226(\text{чел});$$

$$N_{безв} = P_{безв} \cdot N_3 = 0,022 \cdot 7520 = 166(\text{чел});$$

$$N_{сан} = N_{общ} - N_{безв} = 226 - 166 = 60(\text{чел}).$$

Таблица 7

Среднесуточное распределение городского населения по месту его пребывания

Время суток, ч		Место нахождения, %							
		жилые здания	производственные здания	в транспорте			на улице открыто)		
				города с населением (млн. чел)					
				0,25-0,5	0,5 - 1,0	более 1,0	0,25-0,5	0,5 - 1,0	более 1,0
1	6	94	6	-	-	-	-	-	-
6	7	74	6	7	9	12	13	11	8
7	10	22	50	9	11	17	19	17	11
10	13	28	52	6	7	10	14	13	10
13	15	45	37	4	4	7	14	14	11
15	17	27	49	8	9	13	15	15	12
17	19	45	24	10	12	15	20	18	15
19	01	77	14	4	4	6	5	5	3

### **Кирпичные малоэтажные здания на полускальных грунтах**

Приращение балльности для грунта (по сравнению с гранитом), на котором построено здание, составляет  $\Delta J_{пост} = 1,36$  (табл. 1), а приращение

балльности для песчаного грунта в окружающей местности  $\Delta J_{o.m.}$  составляет 1,6 поэтому:

$$J_{\text{реал}} = J(R) - (\Delta J_{\text{пост}} - \Delta J_{o.m.}) = 7,5 - (1,36 - 1,6) = 7,74 \text{ (балла)}.$$

Для зданий рассматриваемого типа параметр сейсмостойкости  $J_c = 5,5$  (табл. 2), тогда  $J_{\text{реал}} - J_c = 7,74 - 5,5 = 2,24$ , и согласно табл. 5 осреднённая степень разрушения зданий  $J_{\text{ср}} = 1,5$ . При  $J_{\text{ср}} = 1,5 < 2$  вероятность общих и безвозвратных потерь населения в домах рассматриваемого типа при условии, что все дома получают разрушения не более 2 степени по данным табл. 4 составят

$$P_2^{\text{общ}} = 0, \text{ и } P_2^{\text{безв}} = 0, \text{ то есть люди не пострадали.}$$

В соответствии с данными табл. 6 по разности величин  $J_{\text{реал}} - J_c = 2,24$  (принимаем  $J_{\text{реал}} - J_c = 2$ ) находим вероятность возникновения различных степеней повреждения зданий: без повреждений  $P_{I=0}^3 = 0,1$ , для первой степени  $P_{I=1}^3 = 0,3$ , для второй степени  $P_{I=2}^3 = 0,5$ , для третьей степени  $P_{I=3}^3 = 0,1$ .

Следовательно, 10 % зданий рассматриваемого типа не получают повреждений, 30 % получают повреждений первой степени, 50 % – второй степени и 10 % – третьей степени.

#### ***Крупнопанельные здания, построенные на полускальных грунтах***

Приращение балльности грунта по сравнению с гранитом, на котором построено здание, составит  $\Delta J_{\text{пост}} = 1,36$  (табл. 1), а приращение балльности для песчаного грунта в окружающей местности  $\Delta J_{o.m.}$  составит 1,6, следовательно:  $J_{\text{реал}} = 7,5 - (1,36 - 1,6) = 7,74$  (балла).

Для зданий рассматриваемого типа параметр сейсмостойкости  $J_c = 6,5$  (табл. 2), тогда  $J_{\text{реал}} - J_c = 7,74 - 6,5 = 1,24$ , и согласно табл. 5  $J_{\text{ср}} = 0,5$ . При  $J_{\text{ср}} = 0,5 < 2$  люди не пострадали.

При  $J_{\text{реал}} - J_c = 1,24$  здания рассматриваемого типа 40 % не получают повреждений, 50 % получают первой степени, 10 % – второй (табл. 6).

#### ***Вывод:***

Таким образом, наибольшую опасность представляют бескаркасные здания без фундамента из местных материалов, жители которых могут серьезно пострадать.