

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

Э. Е. ХАЧИЯН

РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ
ПО АКСЕЛЕРОГРАММАМ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Сообщение 1

Усовершенствование методов расчета сооружений на воздействие сейсмических сил способствует улучшению сейсмостойкого строительства. Переходу от статического расчета сооружений на сейсмостойкость к динамическому расчету, принятому в ряде стран, значительно способствовало определение сейсмических нагрузок по спектрам. Принципы спектрального расчета в СССР отражены в нормативных положениях СН—8—57. Однако расчет по спектральным кривым может быть принят только для очень простых сооружений, которые могут быть представлены как системы с одной степенью свободы. Между тем, объяснение некоторых характерных видов разрушений зданий и сооружений, при сильных землетрясениях, возможно только при представлении их как системы со многими степенями свободы, и при определении сейсмических сил с учетом высших форм колебаний.

Способы приближенного учета влияния высших форм колебаний по спектральной кривой не всегда приводят к приемлемым результатам, так как отдельные составляющие сейсмической нагрузки достигают своих максимальных значений в разное время. Спектральная же кривая, как известно, дает только максимальное значение динамического коэффициента по данной форме колебания без учета фактора времени. С другой стороны, имеющиеся до настоящего времени в СССР спектральные кривые получены, в большинстве случаев, при слабых землетрясениях и взрывах при помощи приборов, которые не могут обеспечить необходимую точность. Приборы, которые обеспечивают более высокую точность, применяемые в США, так называемые аналоги и интеграторы, дают также только максимальные значения динамического коэффициента, при этом они очень громоздки.

В этой статье описывается методика определения сейсмических сил по акселерограммам сильных землетрясений при помощи современных быстродействующих электронных вычислительных машин, и

приводятся результаты анализа воздействия на сооружения четырех землетрясений силой 7 и 8 баллов, зарегистрированных в Калифорнии*.

Прежде чем приступить к изложению методики вычислительных работ рассмотрим задачу определения инерционных нагрузок, возникающих в сооружении при землетрясении. Начнем с самого простого случая — системы с одной степенью свободы (рис. 1).

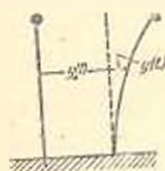


Рис. 1.

Дифференциальное уравнение такой системы при колебаниях основания по произвольному закону $y_0'(t)$ будет:

$$m \frac{d^2(y + y_0)}{dt^2} + e^{i\alpha} k y = 0, \quad (1)$$

где m — масса груза;

y — смещение груза;

k — коэффициент жесткости;

α — коэффициент внутреннего трения.

Общее решение уравнения (1) будет:

$$y = e^{-\frac{\alpha}{2} p t} (A \cos p t + B \sin p t) - \frac{1}{p} \int_0^t y_0'(\xi) e^{-\frac{\alpha}{2} p(t-\xi)} \sin p(t-\xi) d\xi \quad (2)$$

(Обычно в начальный момент землетрясения смещения и скорости сооружения равны нулю, поэтому при этих начальных условиях выражение (2) примет вид:

$$y = -\frac{1}{p} \int_0^t y_0'(\xi) e^{-\frac{\alpha}{2} p(t-\xi)} \sin p(t-\xi) d\xi, \quad (3)$$

где $p = \sqrt{\frac{k}{m}}$ — круговая частота свободных колебаний. Сейсмическая нагрузка S (сила инерции при колебаниях) есть:

$$S = m \frac{d^2(y + y_0)}{dt^2}. \quad (4)$$

Учитывая (1) можно написать:

$$S = -e^{i\alpha} k y. \quad (5)$$

Подставляя сюда (3) и учитывая, что

$$p^2 = \frac{k}{m}, \quad T = \frac{2\pi}{p},$$

где T — период свободных колебаний системы, получим:

* Бальность землетрясений, по акселерограммам которых были произведены вычисления, была определена С. В. Медведским [2].

$$S = me^{i\alpha} \left[\frac{2\pi}{T} \int_0^t y_0'(\xi) e^{-\frac{\alpha\pi}{T}(t-\xi)} \sin \frac{2\pi}{T}(t-\xi) d\xi \right] \quad (6)$$

Поскольку нас интересует лишь вещественная часть сейсмической нагрузки и ввиду достаточной малости величины внутреннего трения α , в уравнении (6) для компактности можно положить $e^{i\alpha} = 1$. Коэффициент внутреннего трения α связан с логарифмическим декрементом затухания δ соотношением $\delta = \alpha\pi$. Для обычных строительных конструкций δ не превышает 0,6—0,7, поэтому наибольшая погрешность от принятия $e^{i\alpha} = 1$ не будет превосходить 1,5—2%. Так как $\cos \alpha = \cos \frac{\delta}{\pi} = \cos 0,222 = 0,979$.

Сейсмическая нагрузка при этом примет вид:

$$S = m \frac{2\pi}{T} \int_0^t y_0'(\xi) e^{-\frac{\alpha\pi}{T}(t-\xi)} \sin \frac{2\pi}{T}(t-\xi) d\xi \quad (7)$$

Если теперь примем обозначение:

$$\tau(T, \alpha, t) = \frac{2\pi}{T} \int_0^t y_0'(\xi) e^{-\frac{\alpha\pi}{T}(t-\xi)} \sin \frac{2\pi}{T}(t-\xi) d\xi, \quad (8)$$

то для сейсмической нагрузки получим:

$$S = m \tau(T, \alpha, t). \quad (9)$$

Полученная формула показывает, что максимальное значение сейсмической нагрузки по времени совпадает с максимальным значением величины $\tau(T, \alpha, t)$, что представляет собой ускорение маятника с периодом T и декрементом затухания δ . Поэтому, если инструментально определить максимальное значение коэффициента $\tau(T, \alpha, t)$, то сейсмическая нагрузка полностью определяется без предварительного знания закона движения почвы. Приведенное сейсмическое ускорение $\tau(T, \alpha, t)$ связано с коэффициентами, принятыми в СН—8—57 соотношением $\tau(T, \alpha, t) = K_c g_{\text{ср}}$.

Для системы со многими степенями свободы сейсмическая нагрузка (поперечные силы, изгибающие моменты) имеют следующий общий вид [5]

$$m_k \sum_{i=1}^n \eta_{ki} \tau(T_i, \alpha_i, t), \quad (10)$$

где η_{ki} — зависит только от упругих характеристик здания, а $\tau(T_i, \alpha_i, t)$ означает (8) при фиксированном значении T и α . Приведенное выражение (10) показывает, что для определения максимального значения сейсмической нагрузки в системе со многими степенями

свободы, знание только максимального значения величины $\tau(T, \alpha, t)$

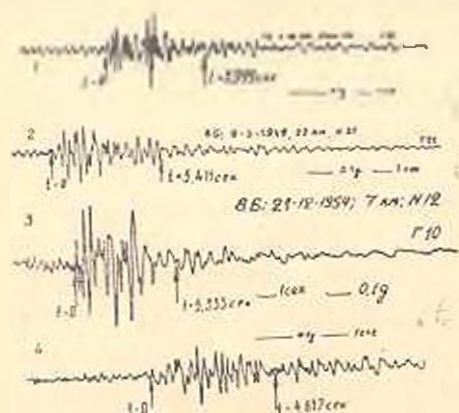


Рис. 2.

Основные характеристики землетрясений по данным С. М. Медведева приведены в табл. 1.

недостаточно. Необходимо также знать изменение во времени величины $\tau(T, \alpha, t)$, что возможно при известном законе колебания почвы.

Результаты вычисления сейсмических сил по формуле (10) будут приведены во втором сообщении.

Ниже приводятся результаты исследования по вычислению величины $\tau(T, \alpha, t)$ для четырех землетрясений при различных значениях T и α .

Акселерограммы землетрясений приведены на рис. 2 [2]. Основные

Таблица 1

Величины наибольших ускорений грунта при землетрясениях

Бла- го- поль	Дата землетрясения	Станция	Рас- сто- я- ние от эпи- цен- тра в км	Период в сек	Ускоре- ние в g	Соста- вляющая
7	3. X. 1941	Ferndale	24	0,38	0,078	Г60
8	9. III. 1949	Hollister	22	0,32	0,120	Г21
4	21. XII. 1951	Eureka	7	0,40	0,225	Г10
7	12. I. 1951	Taft	42	0,20	0,067	Г70

На акселерограммах (рис. 2) показаны участки, по которым были произведены вычисления. Вычисления проводились по следующей методике. Акселерограммы были увеличены примерно в 30—40 раз, при помощи эспидиаскопа, причем для удобства измерений увеличения производились на миллиметровой бумаге. Затем проводились средние линии, исходя из толщины линии акселерограммы на горизонтальном участке, и приступили к табулированию величин ускорений. Через каждые 2 мм оси акселерограммы измерялись ускорения. Число этих измерений соответственно было 225, 230, 240, 210 для акселерограмм 1—4. Соответствующие интервалы времени оказались 0,0266, 0,0235, 0,0222, 0,0162 сек.

По табулированным значениям $u_0(t)$ Вычислительным центром АН Армянской ССР была составлена программа вычисления значений $\tau(T, \alpha, t)$ в соответствующих значениях t . Вычислительные работы проводились на электронной вычислительной машине. Таким образом, при заданном значении T и α были получены соответственно 225, 230, 240, 210 значений $\tau(T, \alpha, t)$. Максимальные значения $\tau(T, \alpha, t)$

при различных T и α вместе с моментами времен, при которых получились максимумы для акселерограммы 2, приведены в табл. 2.

По максимальным значениям $\tau(T, \alpha, t)$ были построены спектральные кривые $\tau(T)$, приведенные на рис. 3—6. Максимальные значения τ для $T > 1,0$ —1,5 сек. мало отличаются друг от друга, поэтому они на рисунках для наглядности не приводятся.

Во всех четырех случаях пики получались при значениях $0,2 < T < 0,5$ —0,6. Причем, при отсутствии затухания, т. е. при $\delta = 0$ спектры имеют множество пиков, которые могут быть как положительными, так и отрицательными, как это видно из таблицы 2, где максимальные значения τ приведены со своими знаками. Наибольшее значение спектров получилось при $T = 0,25$ —0,35. Причем для сильных землетрясений пики получились при больших значениях периода; $T = 0,35$ для акселерограммы № 2, $T = 0,45$ для акселерограммы № 3, а для слабых землетрясений при меньших значениях периода; $T = 0,25$ для акселерограммы № 4 и $T = 0,35$ для акселерограммы № 1. Надо отметить, что чем сильнее землетрясение, тем больше пиков.

С увеличением затухания спектры сильно сглаживаются, особенно при малых T . Однако, дальнейшее увеличение затухания мало влияет на ординаты спектра, так что, после $\delta = 0,37$ —0,5 спектральные ординаты почти не меняются. Поэтому не целесообразно добиваться большего затухания. Несмотря на различные законы колебания почвы, спектры полученных четырех землетрясений качественно мало отличаются друг от друга. Участок спектров в пределах $0,1 < T < 0,6$ при затухании $\delta = 0,37$ и более можно представить двумя наклонными прямыми, причем ординаты спектра по первой прямой увеличиваются, а по второй—убывают, аналогично стандартному спектру Био [1]. При очень больших затуханиях участок $0,1 < T < 0,5$ можно представить прямой линией параллельной оси T . При $T > 1,0$ сек спектры более устойчивы и имеют явно прямолинейный характер. В этом участке спектра интервалы T можно увеличить. В общем спектры можно интерполировать отрезками прямых.

На рис. 7 построена зависимость максимальных значений τ от декремента затухания для различных T соответственно для акселерограммы № 1—4. Эти зависимости показывают, что чем сильнее землетрясение, тем влияние затухания больше. Затухание больше влияет на максимальные значения тех T , при которых получаются пики на спектрах. Для малых значений T влияние затухания больше и зависимость τ от δ можно интерполировать гиперболой.

Для больших значений T влияние затухания уменьшается и зависимость τ от δ имеет явно прямолинейный характер с очень маленьким уклоном относительно оси δ . Таким образом, по-видимому можно считать, что большое внутреннее трение в гибких сооружениях не будет приводить к существенным снижениям инерционных сил.

В принципе максимальные значения τ при различных T и δ должны получаться в разное время. На рис. 8 построены зависи-

Таблица 2

Т, в сек.	$\alpha=0,00$		$\alpha=0,01$		$\alpha=0,02$		$\alpha=0,03$		$\alpha=0,04$		$\alpha=0,05$		$\alpha=0,06$		$\alpha=0,08$	
	Момент максим. в сек	$\tau_{\max}$ с.м/сек ²	Момент максим. в сек	$\tau_{\max}$ с.м/сек ²	Момент максим. в сек	$\tau_{\max}$ с.м/сек ²	Момент максим. в сек	$\tau_{\max}$ с.м/сек ²	Момент максим. в сек	$\tau_{\max}$ с.м/сек ²	Момент максим. в сек	$\tau_{\max}$ с.м/сек ²	Момент максим. в сек	$\tau_{\max}$ с.м/сек ²	Момент максим. в сек	$\tau_{\max}$ с.м/сек ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,10	5,176	-723	1,223	503	1,225	450	1,223	426	1,223	300	1,223	360	1,223	334	1,223	294
0,15	5,317	334	1,553	283	1,553	283	1,553	272	1,553	271	0,917	585	1,155	363	0,917	325
0,20	4,376	535	4,316	414	4,329	334	2,376	279	2,376	265	1,529	270	1,553	258	1,553	252
0,25	4,447	-961	4,326	770	4,329	570	2,964	-495	2,964	-438	2,823	321	2,870	253	2,870	245
0,30	2,160	767	2,160	692	2,164	625	1,717	-597	1,717	-525	1,717	-525	1,717	-496	1,717	444
0,35	3,247	1062	3,247	896	1,788	-865	1,788	-763	1,788	-718	1,812	-566	1,788	-542	1,788	499
0,40	4,870	385	2,047	355	2,070	344	2,070	341	2,870	333	2,047	324	2,047	316	2,078	298
0,45	2,612	454	2,141	433	2,117	400	2,141	398	2,141	382	2,141	369	2,141	355	2,117	299
0,50	3,223	514	2,188	475	2,729	220	3,223	406	2,706	385	2,706	365	2,706	348	2,470	-319
0,55	5,270	-686	5,294	-635	5,270	-525	5,294	-491	5,294	-436	6,294	-389	5,294	-349	2,882	295
0,60	4,329	-369	4,329	-320	4,282	-315	4,329	-289	4,282	-268	2,305	-250	4,305	-234	4,306	-207
0,65	1,529	-176	1,529	-172	1,553	-167	1,529	-164	1,529	-161	1,529	-159	1,529	-156	1,529	-149
0,70	1,576	-157	1,576	-153	3,529	151	1,576	-145	1,576	-129	1,553	-139	1,553	-136	1,576	-129
0,80	4,611	222	2,964	200	2,964	190	2,964	177	2,964	169	2,588	162	2,588	-156	2,588	-145
0,90	5,388	-173	2,329	172	2,353	159	2,329	163	2,329	159	2,329	156	2,306	152	2,329	144
1,0	2,376	142	2,376	139	3,388	135	2,376	133	2,376	130	2,376	127	2,367	125	2,376	120
1,4	5,223	77	5,223	73	5,223	66	5,223	65	5,223	61	5,223	59	5,233	56	5,223	51
1,8	2,729	33	2,682	32	2,682	31	2,682	31	2,682	30	2,635	30	2,635	29	2,635	28
2,0	2,917	28	5,541	27	0,917	27	2,917	26	2,917	25	2,917	26	2,917	25	2,870	24
2,5	2,964	14	2,964	14	2,964	14	2,964	15	2,964	15	2,964	15	2,964	15	2,964	15
3,0	2,964	11	2,964	9	2,964	9	2,964	-9	2,961	9	2,964	9	2,964	9	2,964	9

Продолжение таблицы 2

$\alpha=0,10$		$\alpha=0,12$		$\alpha=0,14$		$\alpha=0,16$		$\alpha=0,18$		$\alpha=0,20$		$\alpha=0,25$		$\alpha=0,30$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1,223	263	0,823	243	0,823	231	0,823	220	0,823	211	0,823	202	0,541	185	0,541	176	
1,153	293	1,153	267	1,153	244	1,153	225	1,153	209	1,529	198	1,529	197	1,529	191	
1,553	246	1,553	241	1,506	236	1,553	232	1,553	227	1,553	227	1,552	212	1,553	201	
2,823	23	2,870	229	2,635	221	2,870	214	2,870	207	2,770	201	2,870	186	2,870	173	
1,576	411	1,576	383	1,576	359	1,576	337	1,576	318	1,576	301	1,576	266	1,576	238	
1,812	461	1,812	426	1,812	395	1,712	368	1,812	343	1,812	321	1,623	279	1,623	250	
1,859	286	1,859	274	1,859	262	1,859	250	1,859	238	1,859	227	1,670	204	1,647	188	
2,141	306	2,141	286	2,141	267	2,141	251	1,906	236	2,141	222	2,141	193	2,141	170	
2,470	296	2,470	275	2,470	256	2,470	239	2,470	224	2,470	210	2,188	183	2,188	164	
2,517	260	2,517	205	2,517	230	2,517	217	2,517	205	2,517	194	2,517	170	2,517	150	
3,435	189	2,564	176	2,564	168	2,564	160	2,564	153	2,564	146	2,517	134	2,517	125	
1,529	143	1,529	138	1,529	133	2,894	118	1,529	123	1,529	119	1,529	110	1,529	102	
2,917	114	1,576	117	1,576	112	1,576	112	1,576	102	2,541	98	2,541	93	2,541	89	
2,588	135	2,588	127	2,588	119	2,588	119	2,259	107	2,259	104	2,259	99	2,282	91	
2,329	138	2,329	132	2,329	126	2,329	126	2,376	99	2,329	112	2,376	89	2,376	82	
2,376	115	2,376	111	2,376	107	2,376	107	2,329	96	2,376	97	2,376	89	2,376	82	
2,400	49	2,400	47	2,400	46	2,400	46	2,400	45	2,400	44	2,400	42	2,400	41	
2,635	27	2,400	27	2,635	26	2,635	26	2,635	24	2,477	24	2,447	23	2,447	23	
2,870	24	2,870	23	2,870	22	2,870	22	2,870	21	2,870	20	2,870	19	2,870	19	
2,964	14	2,964	14	2,964	14	2,964	14	2,917	14	2,917	14	2,917	13	2,917	13	
2,964	9	2,964	9	2,964	9	2,964	9	2,964	9	2,917	14	2,964	9	2,964	9	



Рис. 3.

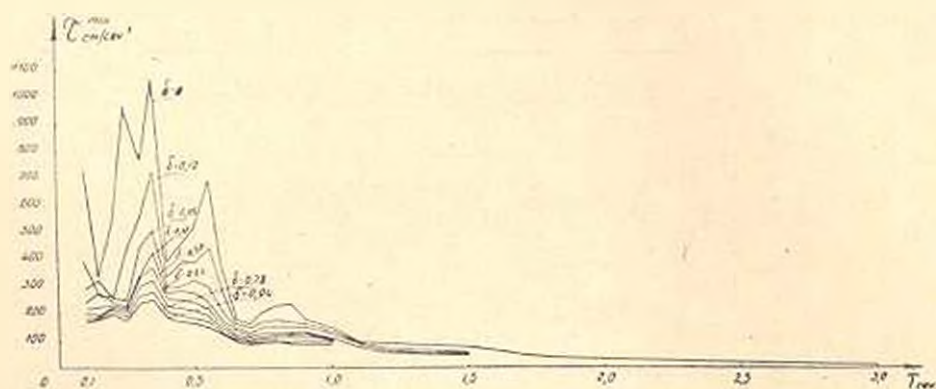


Рис. 4.

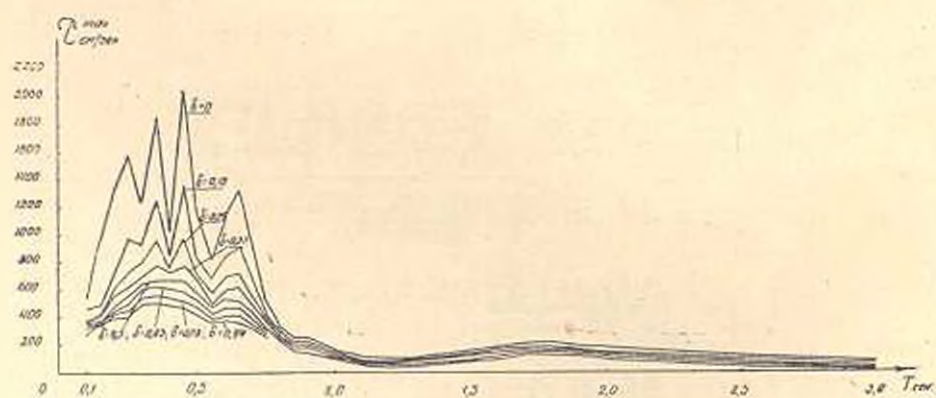


Рис. 5.

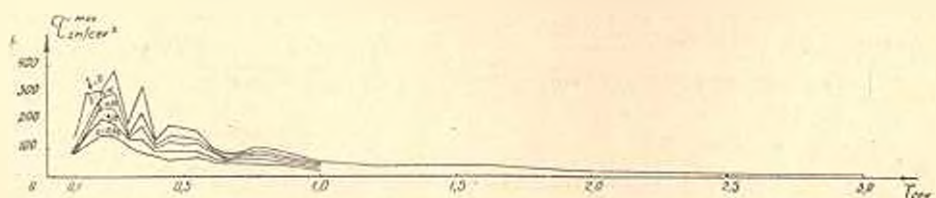


Рис. 6.

мости момента, при которых получаются максимумы от T при различных δ для акселерограммы 2, подтверждающие вышесказанное. Приведенные зависимости показывают, что для $T < 1,0$ сек трудно

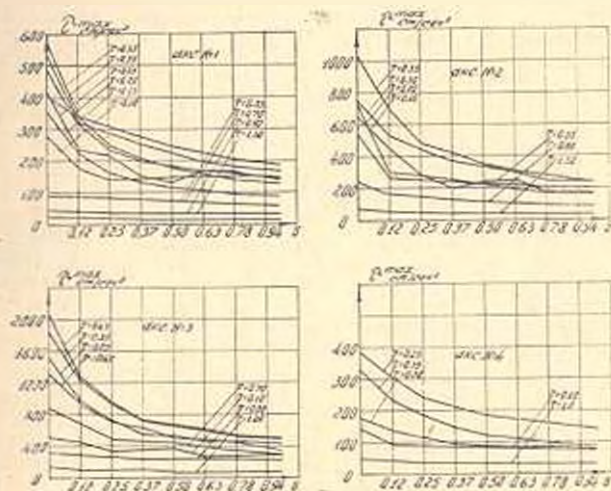


Рис. 7.

найти какую-нибудь закономерность. Причем затухание тоже может существенно влиять на моменты времени, при которых получаются максимумы. Для $T > 1,0$ сек максимумы при различных периодах и затуханиях получаются почти одновременно.

В табл. 3, для сравнения с расчетными значениями сейсмических коэффициентов по СН—8—57, приведены значения произведения $K_s g \beta$ и максимальные значения $\tau(T, \alpha, t)$ для различных периодов. Причем значения $\tau_{\max}$ для $0,1 \leq T \leq 0,60$ выписаны при $\delta = 0,37$, для $0,6 < T < 3,0$ — при $\delta = 0,25$; значения β в соответствии с СН—8—57 для периодов $T > 1,5$ умножены на 1,6.

Приведенные в табл. 3 данные показывают сильное расхождение расчетных значений сейсмических сил по СН—8—57 и по обработкам акселерограмм, особенно для сооружений, период которых изменяется в пределах $0,1 < T < 1,0$. Для гибких сооружений $T > 1,0$ расхождение не так велико. Исключение составляет землетрясение от 21.XII—1951 г., при котором вообще получились очень большие ускорения. Это, видимо, надо объяснить очень близким эпицентральным расстоянием. Запись землетрясения от 21.XII—1954 года производилась на расстоянии 7 км от его эпицентра, кроме того была обработана та составляющая ускорения, направление которой почти совпадало с направлением на эпицентр (Г10).



Рис. 8.

Таблица 3

T в сек.	Значение произведения $K_0 K_2^2$ по 2 СН—8—57 в см/сек^2			Значение τ_{max} (T, α , t) по результатам обработки акселерограмм в см/сек^2			
	7 баллов	8 баллов	9 баллов	Аксел. № 1 3. X—1949	Аксел. № 2 9. III—1949	Аксел. № 3 21. XII—1954	Аксел. № 3 12. I—1954
0,10	73,5	147	294	142	243	377	88
0,15	73,5	147	294	156	267	405	155
0,20	73,5	147	294	254	241	560	227
0,25	73,5	147	294	275	229	625	211
0,30	73,5	147	294	205	383	704	140
0,35	62,9	125,9	252	203	416	777	149
0,40	55,1	110,2	220,4	146	274	730	98
0,45	49	98	196	91	286	775	108
0,50	44,1	88,2	176,4	100	275	674	98
0,55	39,9	79,8	159,6	136	245	510	102
0,60	36,7	73,5	147	160	176	606	79
0,65	33,8	67,6	135,2	126	149	721	62
0,70	31,3	62,7	125,4	84	129	543	71
0,75	29,4	58,8	117,6	71	144	391	78
0,80	27,4	54,8	109,6	61	145	279	74
0,85	25,7	51,4	102,8	49	143	212	60
0,90	24,9	49	98	38	144	201	53
1,0	22	44,1	88,2	29	120	141	43
1,2	18,3	36,7	73,4	17	64	81	37
1,4	15,6	31,2	62,4	20	51	121	32
1,6	23,5	47	94	17	38	154	27
1,8	23,5	47	94	15	28	164	22
2,0	23,5	47	94	14	24	141	18
2,5	23,5	47	94	12	15	109	12
3,0	23,5	47	94	10	9	81	12

Таблица 4

№ акселерограмм	Максимальное ускорение на акселерограмме u_0^{max}	Момент максим. ускор. на акселерограмме в сек t_0	Максимальное значение τ_{max} (T, α , t) в см/сек^2	Момент, при котором получается τ_{max} t	Динамический коэффициент $\frac{\tau_{\text{max}}}{u_0^{\text{max}}}$
1	93	2,639	274 при $T=0,25$ $\alpha=0,37$	2,719	$\frac{274}{93} = 2,9$
2	123	1,416	426 при $T=0,35$ $\alpha=0,37$	1,811	$\frac{426}{123} = 3,5$
3	242	2,066	770 при $T=0,35$ $\alpha=0,37$	2,155	$\frac{770}{242} = 3,2$
4	68	1,853	220 при $T=0,20$ $\alpha=0,37$	1,886	$\frac{220}{68} = 3,2$

В табл. 4 приведены данные, характеризующие динамические коэффициенты землетрясений. Эти данные показывают, что значения максимальных ускорений на акселерограммах в сооружении увеличиваются в среднем в 3,2 раза. Поэтому в ряде случаев, для оценки максимального эффекта землетрясения на сооружение можно максим-

мальное значение ускорения акселерограммы утроить и приписать к сооружению. При этом максимальные значения ускорений в сооружениях возникают непосредственно после того, когда в акселерограммах достигаются максимальные ускорения грунта.

На рис. 9—12 приведены графики изменения $\tau(T, \alpha, t)$ по времени при фиксированном значении T и α . Общее свойство этих графиков

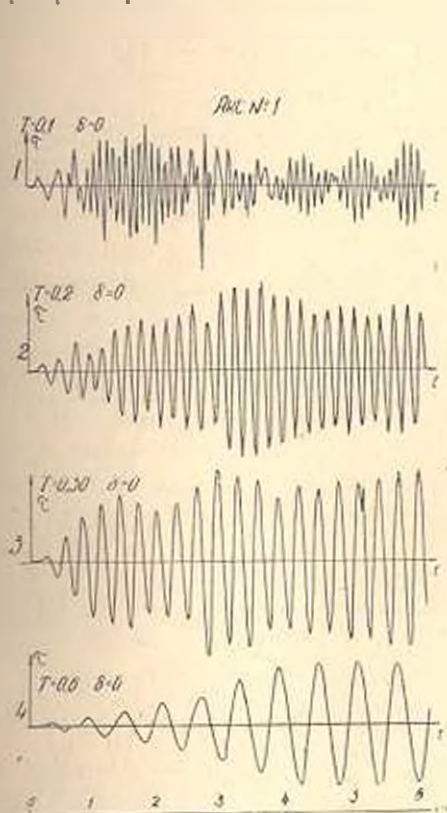


Рис. 9.

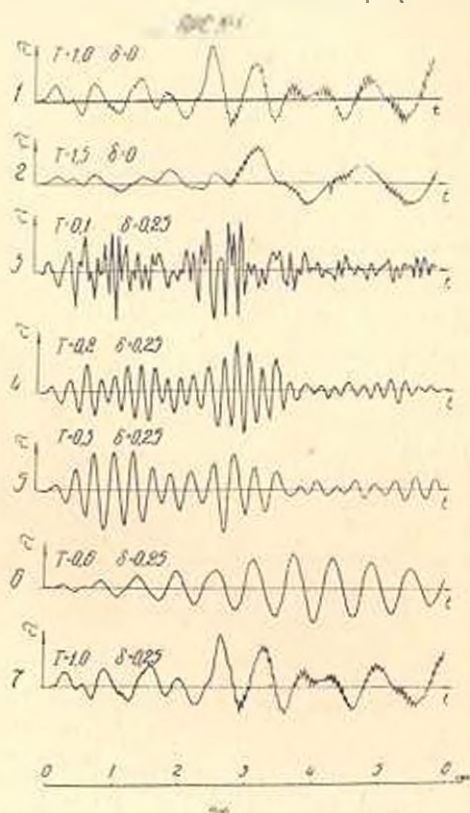


Рис. 10.

заключается в том, что, несмотря на хаотичность законов колебания ускорения грунта $y_0(t)$, после интегрирования графики изменения $\tau(t)$ имеют определенный колебательный характер. Примечательно то обстоятельство, что все графики $\tau(t)$ при фиксированном значении T имеют период, равный T .

Некоторые графики при $0,2 < T < 0,6$ сек имеют явно гармонический характер, особенно при тех значениях T , при которых получаются наибольшие значения τ . Это обстоятельство говорит о том, что при землетрясениях в колебательном процессе сооружения главную роль играют свободные колебания. При больших значениях T , т. е. для гибких сооружений, видно несущественное наложение на свободные колебания сооружения вынужденных колебаний высокой частоты грунта. Заметим, что аналогичные кривые $\tau(T, \alpha, t)$ в ряде случаев можно получить, считая, что в основании сооружения имеет

место или сейсмический удар или сейсмический толчок. Тогда $\tau(T, z, t)$ по (8) соответственно принимает вид [4]:

$$\tau(T, z, t) = \frac{2\pi}{T} v e^{-\frac{4\pi}{T} z} \sin \frac{2\pi}{T} t,$$

$$\tau(T, z, t) = \frac{4y_0}{z^2 + 4} \left| 1 - e^{-\frac{4\pi}{T} z} \left(\frac{z}{2} \sin \frac{2\pi}{T} t + \cos \frac{2\pi}{T} t \right) \right|.$$

Это говорит о том, что иногда расчет сооружений на сейсмостойкость качественно можно свести к расчету на удар и толчок с

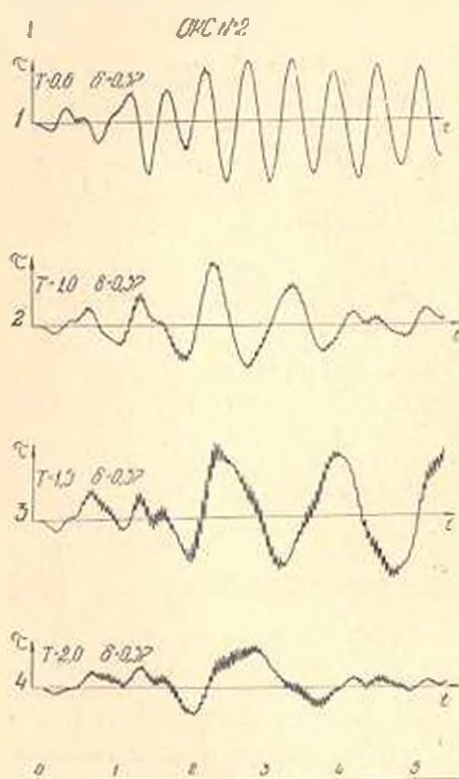


Рис. 11.

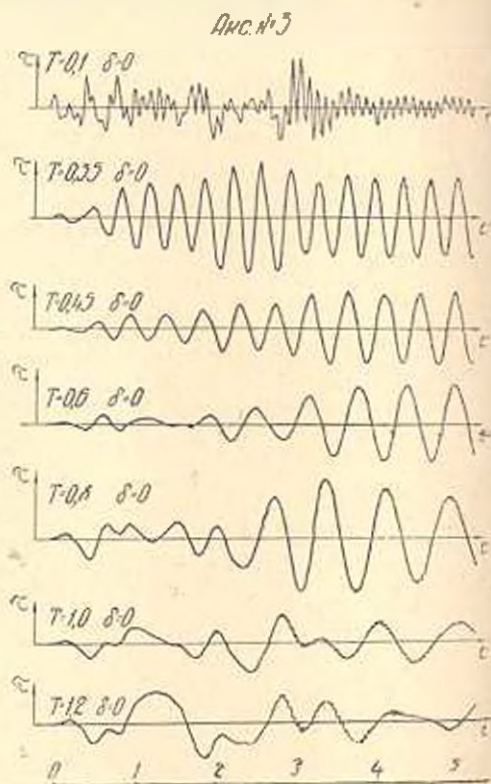


Рис. 12.

определенными параметрами удара и толчка. Этот вопрос нами будет освещен дополнительно после анализа воздействия землетрясения на системы со многими степенями свободы.

Автор выражает глубокую благодарность академику АН Армянской ССР А. Г. Назарову за ценные указания и советы, а также коллективу Вычислительного центра Академии за проведенные вычислительные работы.

Լ. Ե. ԽԱՉԻՑԱՆ

ՈՒՃԵՂ ԵՐԿՐԱՇԱՐՃԵՐԻ ԱԿՍԵԼԵՐՈՒԻՐԱՄԱՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ
ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՍԵՅՍՄՈՎԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿ

Հ ա ղ ո Ր Ղ ու մ 1

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում բերվում է ուժեղ երկրաշարժերի ալիսկերոգրամաների հիման վրա կառուցվածքներում առաջացող սեյսմիկ ուժերի որոշման մեթոդ՝ օգտադործելով ժամանակակից էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենաները: Հաշվարկումները կատարվել են Հայկական ՍՍՌ ԳԱ Հաշվողական կենտրոնում: Կառուցվածքում առաջացող բերված արագացումը որոշվում է (8) բանաձևով: Չորս սարքեր երկրաշարժերի համար (նկ. 2) (8) բանաձևով ստացված են 7) սպեկտրալ կորերը՝ ներքին շինման դորժակցի սարքեր արժեքների համար, որոնք բերված են 3—6 նկարներում: Կառուցվածքում առաջացող բերված մաքսիմալ արագացումների կապը մարման լուրարիթմական ղեկրեմենտի հետ բերված է նկ. 7:

Հողվածում ստացված են մամանակի բնթացքում բերված արագացումների փոփոխություն կորերը (նկ. 9—12): Ալիսկերոգրամաների հիման վրա ստացված բերված արագացումների և СН-8—57 բերված արագությունների համեմատության համար կազմված է 3-րդ աղյուսակ, որը ցույց է տալիս, որ ալի մեծությունների միջև կան էական տարբերություններ, առանձնապես կառուցվածքների սեփական տատանումների փոքր պարբերությունների համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Изд. АН Армянской ССР, 1959.
2. Медведев С. В. Ускорения колебания грунта при сильных землетрясениях. Труды Института физики Земли АН СССР № 10 (177). Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 3. Изд. АН СССР, М., 1960.
3. Нормы и правила строительства в сейсмических районах (СН—8—57). Госстройиздат, М., 1957.
4. Хачиян Э. Е. Колебание бруса под действием сейсмических удара и толчка с учетом рассеяния энергии. «Известия АН Армянской ССР» (серия ТН), т. X, № 6, 1957.
5. Хачиян Э. Е. К интерпретации сейсмического спектра и учету влияния высших форм колебаний. «Известия АН Армянской ССР» (серия ТН) т. XII, № 3, 1959.