

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

Б. К. КАРАПЕТЯН, Г. А. МАРОЯН, Г. С. ТУМАНОВ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЙСМОМЕТРОВ АИС-2М ПРИ ВЗРЫВАХ

В результате совместной работы группы научных работников и конструкторов, в составе: А. Г. Назарова, Б. К. Карапетяна, Р. С. Вартаняна (Институт геофизики и инженерной сейсмологии Академии наук Армянской ССР) и В. В. Суходольского, М. В. Забелина (ОКБ Института физики Земли Академии наук СССР) была разработана модернизированная конструкция многомаятникового сейсмометра АИС-2М. Опытный экземпляр сейсмометра был установлен на инженерно-сейсмологической станции ИГИС в Ленинакане [1]. Другие два опытных экземпляра проверялись в полевых условиях при взрывах, осуществляемых на строительном участке.

Сейсмометр АИС-2М имеет 9 вертикальных сферических маятников для записи перемещений в горизонтальной плоскости и 3 горизонтальных поляризованных маятника для записи вертикальных перемещений. Вертикальные маятники имеют периоды свободных колебаний: 0,08; 0,10; 0,15; 0,20; 0,30; 0,40; 0,60; 0,80; 1,20; горизонтальные маятники—0,08; 0,15; 0,30 сек. Все маятники упруго заделаны в резиновые цилиндрики, играющие одновременно роль пружины и демпфера. Логарифмический декремент затухания маятников находится в пределах $\delta=0,3-0,5$. Каждому периоду свободных колебаний маятников соответствуют определенные длина маятника и высота резинового цилиндрика. В конструкции вертикальных и горизонтальных маятников предусмотрены, соответственно, струнный подвес или спиральная пружина, обеспечивающие разгрузку резиновых цилиндров в нулевом положении маятников. Регистрация колебаний вертикальных и горизонтальных маятников осуществляется посредством записи по копоти, покрывающей тонким слоем стеклянные пластины, установленные в металлические кассеты. Запись осуществляется корундовой иглой, присоединенной с помощью пермалоевых пластин к гайке, навинчиванием которой на стержень маятника обеспечивается определенное усилие прижатия иглы к поверхности стекла кассеты. Кассеты вертикальных маятников вставляются в пазы на подвижном столике. При вдвигании кассеты игла прочерчивает по закопченному стеклу одну из осей, параллельную направляющим кассеты. Вторая, перпендикулярная ей ось получается после окончания регистрации колебатель-

ного процесса, путем перемещения подвижного столика с установленными кассетами до момента, когда иглы сойдут с поверхности стекол. Пересечение этих осей дает нулевую точку, необходимую при обработке записей. Аналогично производится подготовка и запись горизонтальными маятниками. Однако приспособления для этой цели значительно проще по конструкции.

Максимальное приведенное сейсмическое ускорение, на основании полученных сейсмометром записей, определяется по формуле:

$$\tau = \frac{g}{a} \left(\frac{T_0}{T} \right)^2 f = kf,$$

где f — измеренное на записи максимальное отклонение маятника в см;

a — расстояние от острия иглы до центра вращения упругого маятника в см;

$$g = 981 \text{ см/сек}^2$$

T_0 — период свободных колебаний рассматриваемого маятника, шарнирно подвешенного за его центр вращения, в сек;

T — период свободных колебаний того же маятника при упругой его заделке в резиновую пробку, т. е. в его рабочем состоянии, в сек;

k — постоянный для данного маятника коэффициент, приводимый в паспорте к сейсмометру, в сек^{-2} .

Целью описываемых сейсмометрических наблюдений, в основном, являлась апробация сейсмометров АИС-2М при взрывах. Однако, наряду с этим, оказалось возможным получить и некоторые другие данные, интересные с точки зрения воздействия сейсмовзрывных волн на сооружения и определения безопасного в сейсмическом отношении расстояния от источника взрывания.

Замеренный нами взрыв был произведен в четырех шурфах глубиной 3,5—3,9 м, при количестве заряда 123 кг. Подробные данные о расположении и расчете зарядов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Данные о расположении и расчете зарядов

Номера шурфов	Глубина шурфа H м	Линия наименьшего сопротивления r м	W^3 м ³	Расстояние между зарядами a м	k	Вес заряда Q кг	
						расчетный	принятый
1	3,5	3,5	42,8	3,8	0,9	25,7	26
2	3,5	3,5	42,8	3,5	0,6	25,7	26
3	3,9	3,9	59,0	3,5	0,6	35,4	36
4	3,8	3,8	54,8		0,6	32,8	33

Вес заряда вычислялся по формуле $Q = k\tau^3$,

где Q — вес заряда в кг;

k — удельный расход взрывчатого вещества в кг/м^3 ;

w — линия наименьшего сопротивления (при одной обнаженной поверхности, равная глубине шурфа $-H$).

Расчетный коэффициент k , на основании практических данных был принят равным 0,6.

Расчет безопасного с точки зрения сейсмического воздействия расстояния производился по формуле [2]:

$$r_c = k_c \sqrt[3]{Q},$$

где k_c — постоянный для данного грунта коэффициент, в случае скалы, равный 1,5—3 [3].

Для исследованного участка, сложенного из базальтов, имеющих глыбовую структуру, с прослойками белозема, при $k_c=3$, безопасное с точки зрения сеймики расстояние получилось равным 15 м. Поэтому примыкавшее к участку здание, находившееся на расстоянии 17 м от места взрыва, было расположено в безопасной в сейсмическом отношении зоне. Схема исследуемого участка с указанием мест шурфов и расположения сейсмометров приведена на рис. 1.

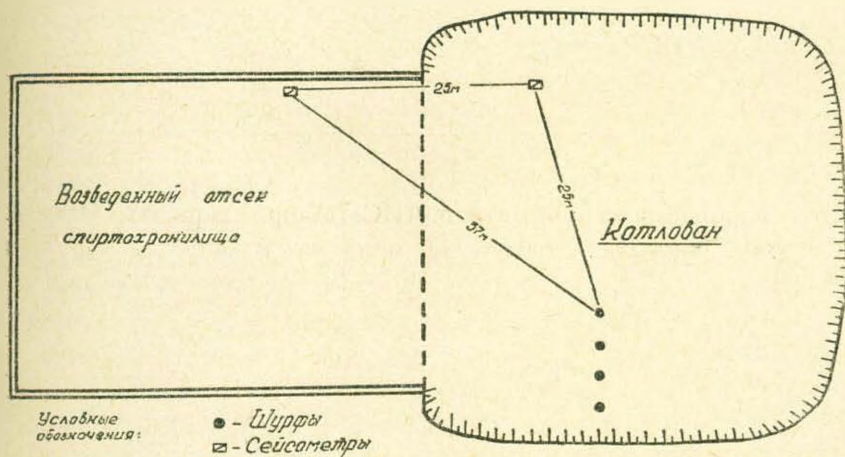


Рис. 1.

Перед производством основного взрыва, в подготовленных для этой цели четырех шурфах были пройдены шпурсы и осуществлен взрыв заложенного заряда весом 2,5 кг с целью доведения глубины шурфов до проектной отметки.

Этот взрыв был замерен. Кроме сейсмометра АИС-2М, расположенного на грунте, были установлены приборы для записи колебаний во времени как на грунте, так и в возведенном отсеке здания. Данные сейсмометрических наблюдений полученные при этом взрыве, приведены в первых строках табл. 2. В последующих строках этой же таблицы даны результаты замеров, полученные при основном взрыве. Надо отметить, что произведенная при предварительном и основном взрывах запись сейсмометрами, отличалась четкостью и определенностью, в отношении установления начала отсчета, которое полу-

Таблица 2

Результаты замеров, полученные сейсмометрами АИС-2М при взрывах

Дата взрыва и место установки прибора	Количество ВВ и расстояние от места взрыва	Вид маятников	T сек	f см	κ сек ²	$\ddot{x}$ см/сек ²
13.VIII. 1962 г. на грунте	2,5 кг (в 10 шпурах) на расстоянии 25 м от крайнего шурфа	вертикальные	0,08	0,10	2840	284
			0,10	0,08	1780	142
			0,15	0,04	900	36
			0,30	0,04	224	9
			0,60	0,04	75	3
14.VIII 1962 г. на грунте	123 кг (в четырех шурфах) на расстоянии 25 м от крайнего шурфа	вертикальные	0,08	0,564	2840	1602
			0,10	0,305	1780	543
			0,15	0,226	900	203
			0,20	0,250	564	141
			0,30	0,200	224	45
			0,40	0,122	180	22
			0,60	0,107	75	8
			0,80	0,800	50	4
			1,20	0,086	16	1
		горизонтальные	0,08	0,230	3345	769
			0,15	0,450	965	434
			0,30	0,165	265	44
		вертикальные	0,08	0,510	2840	1448
			0,10	0,354	1780	630
			0,15	0,300	900	270
			0,20	0,170	564	96
			0,30	0,155	224	35
			0,40	0,090	180	16
			0,60	0,138	75	10
			0,80	0,072	50	4
			1,20	0,070	16	1
14. VII. 1962 г. в здании	123 кг (в четырех шурфах) на расстоянии 37 м от крайнего шурфа	горизонтальные	0,08	0,280	3345	937
			0,15	0,277	965	267
			0,30	0,052	265	14

чалось во всех случаях, в результате пересечения двух линий (в начале и в конце производства записи). Примеры записи приведены на рис. 2 (зазубрины получены от взрыва в шпурах небольшого количества взрывчатки (7 кг), осуществленного одновременно с замеренным взрывом).

В результате проведенного исследования можно утверждать, что сейсмометры АИС-2М оправдали свое назначение в качестве приборов для записи сейсмических колебаний при сильных землетрясениях и взрывах. Изученная модель сейсмометра АИС-2М может быть рекомендована, в первую очередь, для стационарной установки на сейсмических станциях. Для производства замеров при взрывах целесообразнее сконструировать портативный вариант сейсмометра АИС-2М.

ограничиваясь при этом меньшим количеством маятников, а также уменьшив вес и размеры прибора.

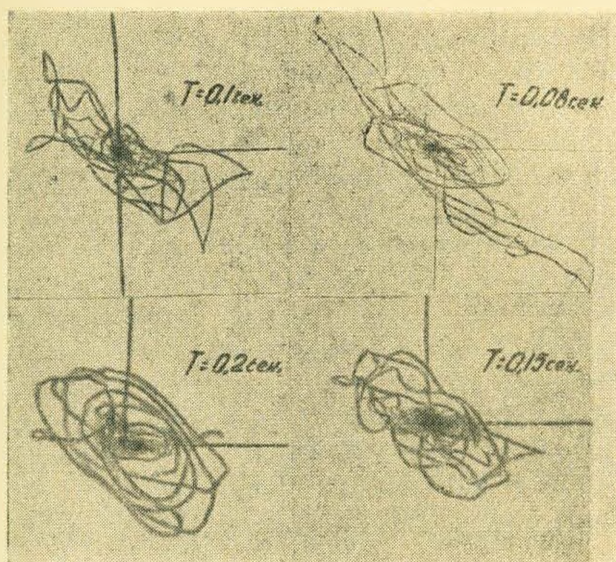


Рис. 2.

Сравнивая результаты замеров, полученные сейсмометрами АИС-2М на грунте и в здании замечаем, что для большинства маятников величины приведенных сейсмических ускорений на грунте намного больше, чем в здании; для маятников же с периодами $T=0,10$ и $0,15$ сек, наоборот, приведенные сейсмические ускорения в здании больше, чем на грунте. Последнее является следствием того, что период колебаний здания ($T=0,13$ сек) близок к этим периодам ($T=0,10$ и $0,15$ сек), в результате чего происходит усиление колебаний.

Для маятников с периодами колебаний $T=0,08—0,40$ сек величины приведенных сейсмических ускорений оказались намного больше, чем для $T=0,6—1,2$ сек т. е.

получается, что при взрывах в скальных породах величины приведенных сейсмических ускорений для периодов колебаний больше $0,6$ сек, практического значения не имеют и, следовательно, для относительно гибких сооружений взрывы большой опасности представлять не будут.

С целью сравнения спектральных кривых сейсмических ускорений для всех трех случаев построены кривые $\tau(T)$, приведенные к единице (рис. 3, 4 и 5). Характер кривых получился таким же, как

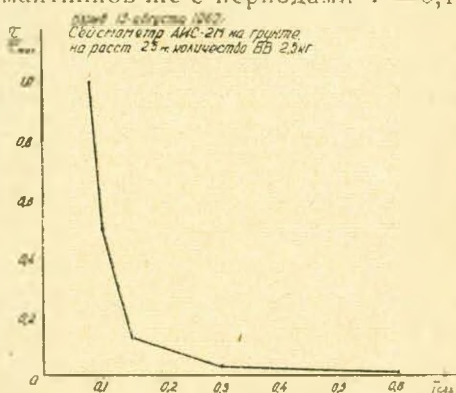


Рис. 3.

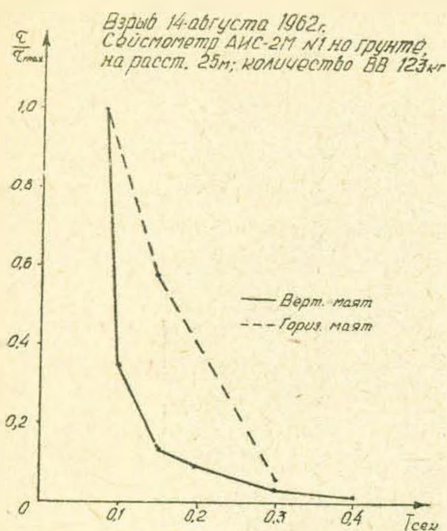


Рис. 4.

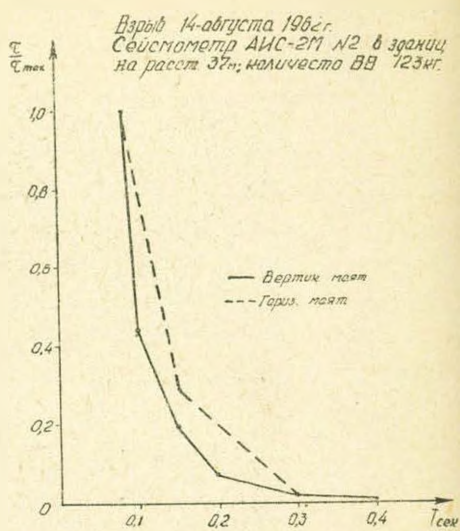


Рис. 5.

и при предыдущих взрывах, осуществленных в других районах [4], а именно, с характерным резким падением кривой при увеличении периода колебаний.

По полученным с помощью сейсмометров данным величину скорости колебаний частиц грунта можно вычислить по формуле [5].

$$V = \frac{\tau T}{2\pi}.$$

Так, например, для периода $T=0,15$ сек, что ближе всего к периоду колебаний здания, приведенное сейсмическое ускорение равно $\tau=270$ см/сек². Скорость колебаний частиц грунта при этом получается равной $V=6,5$ см/сек.

Институт геофизики
и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступило 12.XI.1962 г.

Р. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Հ. Հ. ՄԱՐՈՅԱՆ, Գ. Ս. ԹՈՒՄԱՆՈՎ

ՊԱՅԹԵՅՈՒՄՆԵՐԻ ԺԱՄԱՆԱԿԻ ԱԻՏ-2Մ ՍԵՅՍՄՈՒՄԵՏՐԵՐԻ ԿՐԻԱՌՄԱՆ ՓՈՐՁԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Աշխատանքում բերված են նոր տիպի АИС-2М սեյսմոմետրերի՝ դաշտային պայմաններում պայթեցումների ժամանակ կատարված ստուգումները և նրանց միջոցով ստացված արդյունքները: Տրվում են նաև այդ սեյսմոմետրի կոնստրուկցիային վերաբերվող համառոտ տվյալները:

Պայթեցումները կատարվել են Երևանի Կոնյակի գործարանի տերիտորիայում (որը կազմված է բազալտներից) կառուցվող շենքերից մեկի մոտ:

Դիտումների ժամանակ տեղադրվել են АИС-2М երկու սեյսմոմետրեր՝ մեկը շենքից դուրս, իսկ մյուսը՝ շենքի ներսում, նույնպես գրունտի վրա:

Կատարված դիտումները ցույց են տալիս, որ АИС-2М սեյսմոմետրերը վատաճորեն կարելի է կիրառել ուժեղ երկրաշարժերը և պայթեցումները ուսումնասիրելու ժամանակ: Առաջին հերթին վերահիշյալ սեյսմոմետրերի կիրառությունը նպատակահարմար է սեյսմիկ կայաններում ստացիոնար դիտումների ժամանակ: Պայթեցումների ուսումնասիրման համար անհրաժեշտ է մշակել АИС-2М սեյսմոմետրերի տեղադրման ավելի հարմար և թեթև տեսակը:

Ստացված ավալների հիման վրա կառուցվել են սեյսմիկ արագացումների սպեկտրալ կորերը, որոնք ունեն նույն տեսքը, որը նկատվել էր նախորդ փորձերում (մոտավորապես հիպերբոլիկ կորի տեսք): Սեյսմիկ արագացումների արժեքը՝ $T=0,08-0,4$ վրկ. սեփական տատանումների տեղումն ունեցող ճոճանակների դեպքում ստացվել են անհամեմատ մեծ, քան $T=0,6-1,2$ վրկ. համար: Այստեղից բխում է այն եզրակացությունը, որ ձկուն կառուցվածքների համար պայթեցումները մեծ վտանգ չպետք է ներկայացնեն: Պայթեցման հետևանքով շենքում առաջացած առտանման արագություն մեծությունը գտնվում է թուլյատրելի սահմաններում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Карапетян Б. К., Суходольский В. В. Усовершенствование конструкции маятниковых сейсмометров для записи сильных и слабых землетрясений. Бюллетень Совета по сейсмологии, № 14, М., 1963.
2. Садовский М. А. Простейшие приемы определения сейсмической опасности массовых взрывов. М.-Л., 1946.
3. Ляхов Г. М., Покровский Г. И. Взрывные волны в грунтах, М., 1962.
4. Карапетян Б. К. Результаты сейсмометрических наблюдений при массовых взрывах, Известия АН Армянской ССР, серия т. н. X, № 3, 1957.
5. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил, Греван, 1959.