

З. И. АРАНОВИЧ, В. М. ФРЕМД, Д. А. ХАРИН, Н. В. ШЕБАЛИН,
В. В. ШТЕЙНБЕРГ

ПРЕДЛОЖЕНИЯ К ПРОГРАММЕ ОРГАНИЗАЦИИ СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ГРУНТАХ И НА ЗДАНИЯХ

Прогноз поведения сооружений при сильных землетрясениях должен решаться на основе реальных записей колебаний сооружений и грунтов при землетрясениях.

1. Наиболее ценная информация, естественно, заключена в сейсмограммах сильных землетрясений, происшедших в интересующем нас районе. Однако сильные землетрясения (интенсивностью 6 баллов и более) происходят на ограниченной территории редко и только на их основе трудно делать достаточно надежные выводы о параметрах возможных будущих сильных сотрясений.

Поэтому наряду с обязательной регистрацией сильных землетрясений необходимо получать также записи землетрясений средней силы ($1-3-6$ баллов), на базе которых можно произвести расчет параметров сотрясений здания и грунта от сильных землетрясений, если известны (а их нужно искать) связи между параметрами колебаний от сильных и слабых землетрясений.

Необходимый материал за ограниченный срок можно собрать, если создать достаточно большую сеть станций на исследуемой территории. Во всех пунктах регистрации следует устанавливать однотипную аппаратуру с одинаковыми характеристиками, обеспечивающими возможность регистрации в диапазоне интенсивностей от 3 до 9 баллов в интервале периодов от 0,03 сек и выше. Верхняя граница интервала периодов определяется поставленной задачей. В чисто инженерных целях можно ограничиться периодами 3—4 сек. Для изучения физики очага и других сейсмологических задач большой интерес представляют длинные волны.

2. Желательно обеспечение необходимого динамического диапазона путем использования в одном регистрирующем устройстве каналов с различным увеличением. Однако многие из разработанных в настоящее время регистров (типа РС-II, ОСБ-VI, Н-001) не могут применяться для этих целей вследствие их малой виброустойчивости.

3. Все используемые сейсмические каналы могут регистрировать либо одну кинематическую величину—скорость колебаний, от которой численным методом можно переходить к ускорениям и смещениям, либо одновременно все три кинематические величины. Одновременное измерение трех кинематических величин колебаний в большом количестве точек—мероприятие дорогостоящее, громоздкое и малооправданное. Такие измерения имеет смысл проводить в некоторых опорных пунктах (5—10% пунктов от общего числа), а в остальных—регистрировать скорость колебаний.

Для записи скорости колебаний в большом количестве точек в

диапазоне от 2—3 до 7 баллов рекомендуется датчик С5С с гальванометром ГВ-IV ($f=60-100$ гц). Гальванометры должны быть хорошо отбалансированы, иначе они будут реагировать на паразитные механические вибрации регистра. Для записи землетрясений большой силы можно использовать датчик ВВП-3 с высокочастотным гальванометром ГВ-IV ($f=300-400$ гц), в котором в качестве демпфера используется масло. Такой гальванометр малочувствителен к механическим вибрациям регистра, имеющих место при сильных землетрясениях.

При регистрации сейсмоприемником С5С длиннопериодных колебаний ($T > 2$ сек) следует иметь в виду возможность искажений, так как при максимальных (соответствующих 7 и более баллам) значениях скорости перемещение центра качаний маятника может выйти за пределы линейности (16 мм). Датчик ВВП-3 с высокочастотным гальванометром ГВ-IV позволяет регистрировать без существенных искажений колебания интенсивностью 8—9 баллов в диапазоне периодов от 0,6—0,7 сек. Для регистрации сотрясений силой 7 баллов и более в широком диапазоне периодов необходимо в будущем перейти на длиннопериодные датчики с областью линейных перемещений 500—700 мм. Для записи ускорений при максимальных сотрясениях может быть также использован разработанный в ИФЗ АН СССР пьезоэлектрический датчик типа АПТ-1. Что касается прибора УАР-М, то серьезным недостатком этой модели является недостаточно четкая работа пускового сейсмоскопа при не очень сильных толчках. Поэтому при использовании этого прибора в комплексе с другими следует обязательно включать параллельно выходы всех пусковых устройств, имеющихся в данном пункте. В качестве регистрирующего прибора наиболее подходящим, в настоящее время, представляется инженерно-сейсмический осциллограф ИСО-2М с электронным пусковым устройством, работающим в ждущем режиме. Осциллограф ИСО-2М может записывать (без смены фотопленки) пять сейсмических процессов, каждый из которых имеет длительность 30 сек с произвольным интервалом времени между ними. Время разгона пленки до номинальной скорости 10 мм/сек—0,2 сек. Осциллограф имеет небольшие габариты (445×240×380 мм) и сравнительно малый вес (14 кг). Основным достоинством прибора является малое потребление электроэнергии: 1,5 Вт в режиме регистрации и около 0,001 Вт в режиме ожидания. Однако еще не решен вопрос его амортизации.

4. Для записи скорости в указанном диапазоне в каждом пункте наблюдения устанавливаются два осциллографа ИСО-2М (рис. 1). Осциллографы включаются от двух однотипных пусковых устройств, включенных параллельно и срабатывающих от одного пускового сейсмографа. Такое параллельное включение пусковых устройств должно обеспечить более надежное включение приборов.

К каждому датчику С5С подключаются два гальванометра. Используя рассчитанные шунты, мы получаем, таким образом, два канала с различным, интересующим нас увеличением. Схема каналов регистрации показана на рис. 2.

Пусковой сейсмограф типа С5С можно устанавливать вертикально, ибо в приборе С5С существует термокомпенсация, а вертикальная компонента прямой волны Р, как правило, интенсивнее горизонтальной.

Блок-схема станции показана на рис. 1, а параметры каналов сведены в табл. 1.

Под указанными в таблице значениями интенсивности понимаются предельные значения. Например, интервал 5—7 баллов следует понимать как начало 5-го—конец 7-го балла. Значения скоростей, соответствующих баллам, взяты из ГОСТ.

В опорных точках имеет смысл использовать два осциллографа Н-700 с двумя параллельными фотоэлектронными пусковыми устройствами ФЭПУ и подключенный к тем же пусковым устройствам сейсмометр УАР-М. Схема регистрации останется такой же. На свободные гальванометры подается сигнал от хронометра с секундными марками. От хронометра МХ с секундными контактами запускаются отметчи-

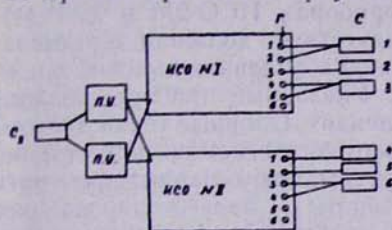


Рис. 1. Блок-схема станции для записи колебаний грунта при землетрясениях интенсивностью 3—9 баллов. С—сейсмоприемники; Г—гальванометры; НСО—осциллографы; ПУ—пусковые устройства; С_з—сейсмоприемник, используемый для пусковых устройств

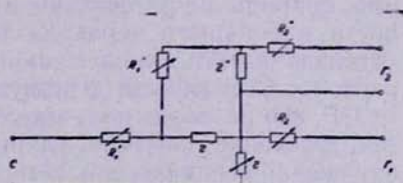


Рис. 2. Схема включения гальванометров Г₁, Г₂ к одному сейсмоприемнику С. Сопротивления, помеченные стрелкой, рассчитываются в зависимости от заданных параметров сейсмометра и гальванометров (D_{sg} , D_g) и от потребной чувствительности каналов. Сопротивления $г$ и $г''$ задаются в зависимости от параметров используемых гальванометров (R_g , $R_{кр}$)

Параметры каналов

Т а б л и ц а

№ осцилло- графа	№ гальва- нометра	Тип гальва- нометра	№ сейсмо- графа	Тип сейсмо- графа	Чувствитель- ность мм/сек, на 1 мм записи	Компоненты	Диапазон в баллах
I	1	ГБ—IV 100 гц	1	С5С	0,5—1,0	Z	2,5—4,0
	2	" 100	1	С5С	5—10	Z	5—7
	3	" 400	2	ВБП—3	25—40	Z	7—9
	4	" 100	3	С5С	0,5—1	X	2,5—4
	5	" 100	3	С5С	5—10	X	5—7
	6	Отметчик					
II	1	ГБ—IV 400 гц	4	ВБП—3	25—40	X	7—9
	2	" 400	5	ВБП—3	25—40	У	7—9
	3	" 100	6	С5С	5—10	У	5—7
	4	" 100	6	С5С	0,5—1,0	У	2,5—4
	5	Отметчик					
	6						

ки абсолютного времени ОАВ, который встроен в осциллографы Н-700. Питание последних осуществляется от 8 аккумуляторов 5НКН-100, в связи с чем целесообразно предусмотреть соответствующее зарядно-разрядное устройство. От тех же аккумуляторов работают ФЭПУ. Осциллографы Н-700 обязательно подвешиваются на резиновых жгутах в специально изготовленных клетках для защиты приборов от механических толчков при сильных землетрясениях. Прибор УАР-М работает в качестве акселерографа.

Если возникает необходимость писать смещения, то в диапазоне интенсивностей от 2,5 до 7 баллов могут использоваться в сочетании с

датчиками С5С хорошо отбалансированные гальванометры ГБ-III-3 с частотой 5 гц. В случае записи смещений увеличения каналов 50—100 для 2,5—4-балльных сотрясений и 2,5—5,0 для 5—7-балльных сотрясений.

В регистрах ИСО-2М, Н-700 и УАР-М регистрация проводится на фотопленку или фотобумагу. В приборах размещены электрические цепи и источники питания (батарей в приборах ИСО-2М и УАР-М). Вследствие того, что в осциллографах отсутствует должная герметизация, приборы не рассчитаны на регистрацию в условиях высокой влажности и большого перепада температур. Указанные приборы должны устанавливаться только в закрытых помещениях. Опорные точки должны располагаться вблизи действующих станций сети сейсмических станций СССР, что позволит получать быструю информацию о параметрах очага землетрясения (энергия, глубина, координаты), зарегистрированного инженерно-сейсмической сетью. Опорный пункт должен служить центром группы инженерно-сейсмометрических пунктов. Сотрудники станции должны в случае землетрясения снимать ленты во всех точках данной группы. При этом большое внимание должно быть уделено составлению срочного расписания на случай сильного землетрясения, при котором должна быть обеспечена смена лент во всех пунктах в течение не более одного часа после толчка.

Не реже одного раза в месяц должен производиться также контроль правильной работы аппаратуры. Для этого необходимо производить запись калибровочного сигнала от генератора МГПА одновременно на всех каналах. Сигнал от МГПА подается на все датчики, соединенные последовательно на время проверки. Особое внимание следует уделять чувствительности пускового канала, который следует проверять, подавая сигнал от МГПА или механическим возбуждением (удар молотка или груза о грунт).

Для того, чтобы датчики не перемещались относительно основания во время сильных землетрясений, их следует наглухо крепить болтами к бетонному постаменту.

В заключение хотелось бы сделать следующее замечание.

В «Предложениях к программе» в основном рассматривается вопрос выбора сейсмической аппаратуры для инженерно-сейсмометрических наблюдений на грунте. Вопрос о схеме размещения аппаратуры в зданиях и инженерных сооружениях и на грунтах вблизи этих объектов входит в компетенцию организаций, занимающихся вопросами сейсмостойкости.

Ордена Ленина Институт физики
Земли АН СССР