ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко
Госстроя СССР

Руководство

по сбору, обработке и использованию инженерно-сейсмометрической информации



Москва 1980

gost.e-ecolog.ru

УДК 550.34

Рекомендовано к изданию решением секции «Сейсмостойкость сооружений» ученого совета ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР.

Руководство по сбору, обработке и использованию инженерно-сейсмометрической информации/ЦНИИ строит. конструкций им. В. А. Кучеренко Госстроя СССР.— М.: Стройиздат, 1980. — 48. с.

Определены задачи инженерно-сейсмометрической службы и программа работ, выполняемых на станциях ИСС.

Содержатся рекомендации по выбору объекта для организации станции ИСС, сведения о сейсмоаппаратуре; методика по эксплуатации и контролю за работой сейсмоаппаратуры; требования по оперативной и периодической отчетности инструментальных данных, получаемых на станциях ИСС, рекомендации по обработке и использованию записей землетрясений, требования к качеству получаемых записей и правила их первичной обработки.

Изложены способы определения статистических характеристик сейсмических воздействий как случайных функций. Представлена методика специальной обработки записей землетрясений.

Для инженерно-технического персонала станций ИСС на зданиях и научных сотрудников, занятых в области сейсмостойкого строительства и инженерной сейсмологии.

Табл. 19,

Р 30213—350
047(01)-80 Инструкт.-нормат., 11 вып. — 53 — 80. 3205000000.

© Стройиздат, 1980

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее Руководство составлено взамен «Временных положений по организации инженерно-сейсмометрической службы крупных городов и строек» (М., 1969), «Инструкции по организации станций инженерно-сейсмометрической службы для регистрации колебаний зданий и сооружений при землетрясениях» (Алма-Ата, 1970), «Положения по текущей отчетности инженерно-сейсмометрических служб городов и крупных строек СССР» (Душанбе, 1971), «Руководства по обработке записей землетрясений, зарегистрированных на станциях инженерно-сейсмометрической службы», (ЦНИИСК Госстроя СССР. М., 1977).

Руководство содержит рекомендации по выбору объектов для организации станций ИСС; сведения об аппаратуре, устанавливаемой на станциях ИСС; требования к монтажу аппаратуры и к схемам ее установки, а также рекомендации по эксплуатации станций ИСС. В Руководстве содержатся положения о текущей отчетности станций ИСС, сборе, обработке и использовании инструментальной информации, получаемой на станциях.

В приложениях даны примеры оформления первичных донесений, паспортов станций ИСС, записи землетрясений, схемы пускового устройства, измерительного пункта на грунте и др.

Руководство разработано ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР (д-р техн. наук С. В. Поляков, кандидаты техн. наук Б. Е. Денисов, А. М. Жаров, Е. Е. Жуков, Б. А. Кириков, Г. В. Мамаева, канд. физ.-математ. наук В. М. Дорофеев, инж. А. И. Левин).

В составлении Руководства принимали участие следующие институты: Казпромстройниипроект Госстроя СССР (д-р техн. наук Т. Ж. Жунусов, канд. техн. наук Ю. А. Выпряжкин); Научно-исследовательский институт по строительству и архитектуре Госстроя Армянской ССР (д-р техн. наук Б. К. Карапетян, Э. Е. Хачиян, инженеры О. К. Погосян, А. М. Хачиян); Институт сейсмостойкого строительства Госстроя Туркменской ССР (канд. техн. наук В. С. Преображенский, инженеры В. Е. Береда, В. Н. Даниленко); Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР (канд. техн. наук С. С. Дарбинян, инж. Л. А. Мхитарян); Казахский политехнический институт им. В. И. Ленина (канд. техн. наук П. А. Атрушкевич, А. М. Парамзин); Фрунзенский политехнический институт (инженеры Г. Р. Балтиев, Е. Ю. Карташов).

Замечания и предложения по содержанию Руководства просим направлять по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., дом 6, ЦНИИСК им. Кучеренко.

Дирекция ЦНИИСК им. Кучеренко

1—370

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Основной задачей инженерно-сейсмометрической службы (ИСС) является получение достоверной информации о колебаниях зданий и сооружений, а также о прилегающих участках грунта при сейсмических воздействиях. Полученная информация используется по следующим основным направлениям:

а) по вопросам теории:

как база теоретических разработок для совершенствования методов расчета сооружений на сейсмические воздействия;

как критерий проверки результатов научных исследований и практических расчетов в области сейсмостойкого строительства;

как основание для разработки методики лабораторных испытаний конструкций и материалов на сейсмические воздействия;

б) по вопросам практики — как исходный материал для уточнения существующих нормативных положений;

в) по вопросам классификации — как исходный материал для объективной оценки силы землетрясений (в инженерном смысле).

1.2. Комплект сейсмоаппаратуры, установленной на сооружении для регистрации его колебаний и примыкающих участков грунта при землетрясении, называется станцией инженерно-сейсмометрической службы.

Перечень зданий и сооружений, на которых устанавливается аппаратура станций, определяется Госстроем СССР на основе предложений госстроев союзных республик и заинтересованных министерств и ведомств СССР.

1.3. Госстрои союзных республик, министерства и ведомства СССР поручают научно-исследовательским организациям, на которые возлагается эксплуатация инженерно-сейсмометрических станций, выдачу после согласования с Центром исследований в области сейсмостойкости зданий и других сооружений ЦНИИСК им. Кученко Госстроя СССР (Центр ЦНИИСКа) проектным организациям заданий на проектирование помещений станции, схемы размещения, монтаж аппаратуры и передачу результатов наблюдений в установленном порядке в Центр.

1.4. Расходы на приобретение сейсмометрической аппаратуры и на выполнение строительно-монтажных работ, связанных с ее установкой, предусматриваются в сметах на строительство объектов, предназначенных для установки станций ИСС.

1.5. Центр ЦНИИСКа проводит обработку и хранение записей землетрясений, составляет и подготовляет к публикации ежегодные сборники инструментальных данных ИСС.

В этих сборниках помещаются записи землетрясений в графической и цифрованной форме, статьи по методике обработки, проведения инженерно-сейсмометрических наблюдений.

1.6. Центр передает инженерно-сейсмометрическую информацию заинтересованным организациям в форме:

оперативной информации по запросам организаций, включая копии записей, сведения о регистрирующей аппаратуре и объекте, на котором она установлена;

периодических сборников инструментальных данных ИСС на зданиях.

2. СБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

ВЫБОР ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СТАНЦИЙ ИСС

2.1. Анализ опыта использования инженерно-сейсмометрической информации, а также опыта работы ИСС приводит к необходимости разработки и применения научных методов оптимального планирования сети станций ИСС.

В настоящее время выбор объектов для организации станций ИСС осуществляется с учетом необходимости: получения инженерно-сейсмометрической информации в первую очередь по наиболее перспективным направлениям сейсмостойкого строительства; установки станций в таких сейсмических зонах, которые обеспечивают получение информации в сокращенные сроки в сравнительно большом объеме; получения наиболее важной инженерно-сейсмометрической информации о землетрясениях высокой балльности; охвата сетью всех сейсмоактивных областей страны с целью выявления региональных особенностей сейсмических воздействий; установки станций на зданиях и сооружениях, расположенных на различных грунтах, с целью выяснения воздействия грунтовых условий на движение сооружений; охвата сетью ИСС большинства типов зданий, строящихся в сейсмоактивных районах, с целью получения информации, необходимой для дальнейшего совершенствования методов их расчетов.

Республиканские госстрои направляют в Госстрой СССР перечень объектов, на которых планируется установить в пятилетний период на территории сейсмоактивных районов станции ИСС. Образец формы перечня приведен в табл. 1.

Таблица 1

№ п.п	Наименование объекта	Конструктивная характеристика здания и гидрогеологические условия основания	Проектная организация и год ввода объекта в эксплуатацию	Включение в смету стоимости организации станции ИСС	Организация, осуществляющая установку сейсмоаппаратуры и эксплуатацию станции ИСС

2.2. Размещение станций ИСС должно производиться так, чтобы получаемая на них информация дополняла или могла быть дополнена информацией Единой системы сейсмических наблюдений (ЕССН) АН СССР.

Госстрой СССР совместно с ЦНИИСК им. Кучеренко составляет перечень объектов, на которых предполагается организация станций ИСС на зданиях, согласовывает его с республиканскими госстроями и утверждает на пятилетку «Перечень объектов». Республиканские проектные и научно-исследовательские организации, осуществляющие инженерно-сейсмометрические наблюдения, при выборе объекта

для организации новых станций ИСС должны руководствоваться утвержденным «Перечнем объектов».

Здания, включенные в утвержденный «Перечень объектов», подлежат наблюдению с начала их возведения и периодическому осмотру состояния несущих конструкций с инструментальным измерением динамических характеристик и статических деформаций на различных этапах возведения здания, занесением всех данных в специальный паспорт здания (рис. 1, 2, 3 прил. 1).

Целесообразно в радиусе 200—250 м от места расположения станции ИСС вести постоянные визуальные или инструментальные наблюдения за состоянием несущих конструкций на других зданиях, условно называемых «спутниками станции ИСС».

В паспорте основной станции ИСС должны быть перечислены «здания-спутники» станции ИСС, даны их конструктивные характеристики.

ОСНАЩЕНИЕ АППАРАТУРОЙ СТАНЦИЙ ИСС НА ЗДАНИЯХ

2.3. Выбор числа и типов приборов, а также их размещение на зданиях и сооружениях осуществляются в зависимости от целей исследования, объемно-планировочного и конструктивного решения исследуемого объекта, экономических и других факторов, учитывающих народнохозяйственное значение подобных объектов.

2.4. На зданиях станций ИСС и прилегающих к ним участках грунта устанавливается различная сейсмическая аппаратура, которая должна, не разрушаясь, регистрировать с малыми искажениями колебания, возбуждаемые землетрясениями силой от 3 до 9 баллов.

2.5. На станциях инженерно-сейсмометрической службы используется аппаратура с гальванометрической, прямой оптической и механической записями. Станции инженерно-сейсмометрической службы оснащаются серийной аппаратурой, выпускаемой отечественной промышленностью. Основной аппаратурой на станции ИСС являются:

а) сейсмометрические приборы (сейсмометры) типов ВБП-3, С-5-С, ВЭГИК, СМ-3, ВБПП, ОСП-2М и др.;

б) осциллографы типов Н-700, ПОБ-12, Н-04IV, Н010, ИСО-IIМ и др.; гальванометры типов ГБ-III, ГБ-IV, МО01 и др.;

в) сейсмографы типов ССРЗ, УАР, а также маятниковые сейсмоскопы типов СБМ, МСН-II, ИГИС, АИС;

г) тензодатчики и полупроводниковые усилители;

д) автопусковые устройства типа ПУ-1 и др.;

е) аккумуляторы, блоки питания, выпрямительно-селеновый комплекс, усилительная аппаратура;

ж) морские хронометры, секундомеры и т. п.;

з) шунтовые коробки.

2.6. Сейсмометрические каналы регистрации формируются из магнитоэлектрических сейсмоприемников (сейсмометров) и осциллографов с гальванометрической регистрацией. Технические характеристики сейсмометров приведены в табл. 2. Канал регистрации колебаний включает также гальванометры и светолучевые осциллографы. В табл. 3 и 4 приведены технические характеристики различных типов гальванометров и осциллографов

Таблица 2

Техническая характеристика сейсмометра	Тип сейсмометра							
	ВБП-3	ВБПП	С-5-С	ВЭГИК	СМ-2М	СМ-3	ОСП-2М	АПТ
1. Параметр регистрации	Смещение; скорость	Смещение; скорость	Смещение; скорость	Смещение; скорость	Смещение; скорость	Смещение; скорость	Ускорение; скорость	Ускорение; скорость
2. Периоды собственных колебаний, с	2	2	3—7	1	1,5	2	0,2	$5 \cdot 10^{-4}$
3. Приведенная длина маятника, м	1	1	0,42	$9{,}7 \cdot 10^{-2}$	$8{,}7 \cdot 10^{-2}$	$8{,}4 \cdot 10^{-2}$	—	—
4. Затухание (в долях от критического)	0,5—0,7	0,5	0,7—1,5	0,6	0,6	0,6	7	0,7—1
5. Сопротивление рабочей катушки, Ом	55	40	93	45	130	50	12	$53 \cdot 10^{-3}$
6. Полоса пропускания, с	0,01—1	0,01—1	0,01—5	0,01—1	0,01—1,5	0,01—2	0,03—1,5	0,002—6,6
7. Динамический диапазон смещения, мм	1—200	1—200	10^{-4}—1,5	10^{-4}—1	10^{-4}—3	0,1—5	0,001—2,5	0,06—2,5
8. Чувствительность рабочей катушки	0,1	0,08	11,0	20	37	15	15	0,3
9. Число компонентов	1	1	1	1	1	1	1	3
10. Масса, кг	9,6	10,2	14	9	—	6	6,3	4
11. Размеры, мм	230×230×150	290×180×150	360×190×190	335×100×145	—	—	—	—

Таблица 3

Техническая характеристика гальванометра	Тип гальванометра											
	М001.1А	М001.3	М001.5	М002	ГБ-III-Б-1	ГБ-III-Б-5	ГБ-III-Б-10	ГБ-IV-В-1	ГБ-IV-В-2	ГБ-IV-В-3	ГБ-IV-ВС-5	ГБ-IV-ВС-10
1. Частота собственных колебаний, Гц	$1{,}2 \cdot 10^2$	$1{,}2 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	25	1,25	5	10	30	60	120	5	10
2. Диапазон рабочих частот, Гц	0—60	0—400	0—1700	2—200	0,04—40	0,5—50	2—60	0—15	0—30	0—60	0,3—35	1—80
3. Чувствительность к току, мм/мА·м	$1{,}4 \cdot 10^3$	35	1	$8 \cdot 10^3$	$2{,}5 \cdot 10^5$	$17 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$2{,}5 \cdot 10^3$	$2{,}5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^4$
4. Внутреннее сопротивление, Ом	35	13	8	75	64	58	58	58	58	52	78	54
5. Внешнее сопротивление, Ом	180	—	—	—	6000	1500	750	1200	350	175	2600	1200
6. Способ успокоения (механизм затухания)	Магнитоэлектрический	Жидкостный		Магнитоэлектрический								

Таблица 4

Техническая характеристика осциллографа	Тип осциллографа					
	Н-700	ПОБ-12М	Н-004	Н-041У4.2	ИСО-11М	НО10
1. С гальванометрами (шт.) типов:						24 (f=150 Гц)
ГБ-III-3	7	6	—	7	3	—
ГБ-IV	14	—	—	—	6	—
М002, М001.1	14	12	—	16	6	—
М001.5	—	—	20	—	—	—
2. Ширина фотопленки, см	12	12	10—12	12	3,5 (кинопленка)	12, 15, 20, 28
3. Скорость протяжки фотоленты, см/с	0,25—250	0,0015—800	0,1—25	0,2—25	0,5—1	0,1; 0,25; 1; 2,5; 10; 25; 100; 250
4. Запас ленты, м	12	12	20	20	1,6	25
5. Электропитание от источника постоянного тока, В	24—27	24	27	27	12	27±2,7
6. Потребляемый ток, А	6	5	9	8	—	Не более 14

Гальванометры являются основными элементами светолучевых осциллографов. Наибольшее распространение в сейсмометрии получили различные высокочувствительные гальванометры типов МО01, МО02, ГБ-III, ГБ-IV и др. Каждый тип имеет ряд серий, отличающихся частотой свободных колебаний, чувствительностью и внутренним сопротивлением. Гальванометры типа ГБ используются в осциллографах типов Н-700, ПОБ-12М, ОСБ-1, ИСО-IIМ, Н-004 и др. Гальванометры типов МО01 используются в осциллографах типов Н-700 и Н-004.

На станциях ИСС необходимо применять только сбалансированные гальванометры.

К приборам с прямой оптической записью относятся сейсмографы сильных движений (типов ССРЗ, УАР), технические характеристики которых приведены в табл. 5.

Таблица 5

Техническая характеристика сейсмографа	Тип сейсмографа	
	ССРЗ	УАР
1. Механизм затухания	Жидкостный	Магнитный
2. Компоненты	3 горизонтальных и 1 вертикальная	2 горизонтальных и 1 вертикальная
3. Период	0,03—0,4	0,04—0,05
4. Частотный диапазон записи, Гц	0—15	—
5. Чувствительность на 1 мм записи:		
скорости, см/с	80 или 12	—
ускорения грунта, см/с^2	—	25
6. Коэффициент чувствительности, с^2	$1{,}58 \cdot 10^{-3}$	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$
7. Скорость движения пленки, мм/с	6 или 12	10
8. Время одного цикла, с:	—	30
а) при скорости 6 мм/с	50	—
б) при скорости 12 мм/с	25	—
9. Число записей (циклов)	10	2
10. Время потери записи, с	0,1	0,1
11. Электропитание, В	12	6
12. Масса сейсмографа, кг	21	—

К аппаратуре с прямой механической регистрацией относятся одномаятниковый и многомаятниковый сейсмоскопы (табл. 6).

Таблица 6

Тип сейсмоскопа	Число маятников	Период, с	Декремент, %	Регистрация	Диапазон регистрации, балл
АИС	10 (вертикальных)	0,05—1	0,5—0,3	По закопченному стеклу	4—9
ИГИС	4 (горизонтальных)	0,05—0,2	До 0,5	То же	4—9
СБМ-3	1 (вертикальный)	0,25	0,5	»	4—9

2.7. Аппаратура станции ИСС работает в ждущем режиме. Включение осциллографов производится автоматическими пусковыми устройствами, которые в комплекте с пусковыми сейсмометрами позволяют производить многократную запись, обеспечивая автоматическое включение при каждом землетрясении.

Для повышения надежности срабатывания аппаратуры станции рекомендуется комплектовать несколькими пусковыми устройствами, соединенными параллельно.

2.8. Для определения времени и контроля срабатывания аппаратуры рекомендуется к системе пусковых устройств через специальное реле подсоединить электромеханические контрольные часы, которые останавливаются в момент включения регистрирующей аппаратуры. Схема питания контрольных часов приведена на рис. 4 прил. 2.

На каждой кассете осциллографа рекомендуется иметь указатель для определения реализуемости записи.

2.9. Питание осциллографов осуществляется от аккумуляторных батарей напряжением 24 В. Для осциллографов, регистрирующих слабые землетрясения, рекомендуется осуществлять питание от сети переменного тока через выпрямитель.

Скорость развертки записей осциллографов во времени рекомендуется принимать до 40 мм/с. Единая отметка на все осциллографы станции ИСС подается на дополнительно установленные в осциллографах гальванометры типа ГБ-IV или М001.1 от морского хронометра типа МХ-6 и специального контактного реле.

Для более надежного срабатывания регистрирующей аппаратуры и контроля напряжения на аккумуляторах рекомендуется на станциях ИСС монтировать специальный щит, состоящий из датчика типа ПУ-1, отметчика времени и зарядно-буферного устройства типа ВУК-36/60.

Примерный перечень приборов для комплектации типовой станции ИСС, организованной на 6—9-этажном здании, приведен в табл. 7.

Таблица 7

Приборы, аппаратура, оборудование	Тип	Требуемое количество, шт.
1. Сейсмометры	ВБП-3	10
	СБГПП	6
	С-5-С	12
	СМ-3	10
	ОСП-2М	4 компл.
2. Сейсмоскопы	СБМ-3	1
	ИГИС-1М	2
3. Сейсмограф	ССРЗ-М	2
4. Гальванометры	ГБ-IV-В-3	24
	ГБ-III-Б-10	76
5. Осциллографы	Н-04У (ИСО-III, Н-700)	10
6. Автопусковое устройство	ПУ-1	2
7. Шунтовые коробки	ШК-2	10
8. Блок питания	П001	1
9. Аккумуляторы	КН-100 (ЖН-100, 6СТ 128)	11
10. Щит коммуникации	—	1
11. Тарировочная платформа	ВИП	1
12. Кабель	ШРПС—0,75 мм²	5 км
	КСРГ или КСРБ—0,75 мм²	5 км
13. Провод монтажный	ПМГП—0,75 мм² (МГП)	5 км
14. Инструмент	—	1 компл.
15. ЗИП (для осциллографа)	—	2 компл.
16. Морской хронометр (или электроконтактные часы)	МХ-6	1
17. Радиоприемник	Любой транзистор	1 шт.
18. Секундомер	С-1-2А	1
19. Телефонный аппарат	ТАИ-43	4
20. Телефонный провод	ПВР	1000 м
21. Амперовольтметр	Любого типа	1
22. Проявочно-сушильный аппарат	ПСА	1
23. Нивелиры	НА-1	2
24. Теодолиты	Т05	2
25. Прецизионные нивелирные рейки	—	2

Примечание. При разработке и серийном выпуске более совершенной аппаратуры допускается замена приборов и оборудования, указанных в этой таблице.

2.10. Техническое обслуживание станций ИСС осуществляется с помощью передвижной ремонтной мастерской. Передвижная ремонтная мастерская может оборудоваться на базе автомашины УАЗ-452 или КАВЗ-685. Мастерская должна включать фотокабину, аккумуляторную с выпрямительно-зарядным агрегатом, набор инструментов и приспособлений для ремонта сейсмической аппаратуры.

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

2.11. Станция ИСС включает несколько измерительных пунктов, регистрационное помещение, аккумуляторную и фотолабораторию. Число и расположение измерительных пунктов определяется согласно пп. 1.3 и 2.3.

2.12. На всех измерительных пунктах устанавливается сейсмометрическая аппаратура (типа ВБП-3, СМ-3, С-5-С, ОСП-2М, ССРЗ и др.), осуществляющая регистрацию колебаний в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Для определения характеристик землетрясения на грунте или на фундаменте устанавливаются также сейсмоскопы типов СБМ, АИС или ИГИС.

2.13. Измерительные пункты на здании и на грунте представляют собой помещения площадью не менее 5 м² и предназначаются для установки сейсмометров и сейсмоскопов.

Помещения измерительных пунктов снабжаются электроэнергией для освещения и монтажно-ремонтных работ. Эксплуатационный режим измерительного пункта: температура воздуха от —10 до +40° С, относительная влажность до 50%.

2.14. Грунтовой измерительный пункт на расстоянии 20—30 м от объекта оборудуется с хорошей гидроизоляцией стен, потолка и входного люка или двери. Внутри обязательна принудительная вентиляция.

Сейсмометры и сейсмоскопы устанавливаются на отдельных бетонных постаментах квадратной или прямоугольной формы высотой 40—60 см над уровнем пола. Постаменты заглубляются ниже уровня промерзания грунтов. Пример конструктивной схемы измерительного пункта на грунте приведен на рис. 5 прил. 2.

2.15. Постаменты в подвалах зданий закладываются на глубину 50—100 см и выводятся на 40—60 см выше пола, не имея с ним жесткой связи. Число постаментов определяется числом комплектов устанавливаемой аппаратуры.

2.16. В измерительных пунктах, расположенных на покрытии и на междуэтажных перекрытиях, сейсмометры устанавливаются непосредственно на элементах несущих конструкций зданий.

Приборы надежно крепятся к конструкциям зданий анкерными болтами с помощью специальных станин и хомутов. После установки сейсмометры и сейсмоскопы закрываются деревянными или металлическими чехлами.

Схема расположения сейсмоприборов и расстояние между ними приведены на рис. 6 прил. 2.

2.17. Отдельное регистрационное помещение (комната или квартира) площадью не менее 25 м² должно удовлетворять правилам и нормам санитарии и техники безопасности для обслуживающего персонала. Запрещается устанавливать регистрационное оборудование в сырых подвальных помещениях.

Эксплуатационный режим в помещении регистрационной должен быть таким: температура воздуха от 10 до 40° С с относительной

влажностью до 80%. Колебание температуры в течение суток не должно превышать ±5° С. Регистрационная комната предназначается для размещения регистрационной аппаратуры: осциллографов (не менее 6 шт.), блока автопуска (два пусковых устройства с пусковыми приборами), блока единого отметчика времени (морской хронометр и контактное реле), городского телефона. В регистрационной комнате устанавливаются также стол для текущего ремонта и стеллаж для инструмента и запасных частей.

Осциллографы могут размещаться на жестких постаментах с прокладкой поролона толщиной 40—50 мм либо крепиться к специальным рамам на гибких подвесках. Осциллографы закрепляются к рамам пружинами (по четыре на каждый осциллограф). Блоки шунтов устанавливаются вблизи осциллографов и надежно закрепляются анкерными болтами. Схема рамы для гибкой подвески регистрирующей аппаратуры приведена на рис. 7 прил. 2. Один из вариантов компоновки аппаратуры в регистрационной комнате приведен на рис. 8 прил. 2.

2.18. Монтажные работы в регистрационном и измерительных пунктах необходимо производить с учетом требований по выполнению электромонтажа.

Контакты от проводов, соединяющие сейсмометры, тщательно зачищаются, обслуживаются и подключаются к контактной панели. К той же панели подсоединяется коммуникационный кабель, идущий из регистрационной. Все провода снабжаются бирками с номерами. Контакты на панели также нумеруются. Провода от приборов соединяются в один жгут и аккуратно закрепляются на полу и стенах помещения измерительного пункта. Вся аппаратура [сейсмометры, сейсмоскопы, осциллографы, шунтовые коробки (ШК-2), кассеты, контактные панели] снабжаются соответствующими надписями и номерами.

В регистрационном помещении кабель также заканчивается контактной панелью, от которой с помощью штепсельных разъемов сигналы с приборов подаются на шунтовые коробки ШК-2 и далее на осциллографы.

Все контакты тщательно припаиваются. Штепсельные разъемы должны иметь металлические фиксаторы. Провода питания от аккумуляторов подсоединяются к осциллографам под закручивающиеся контакты. Применение вилок недопустимо.

2.19. Помещение аккумуляторной площадью не менее 15 м² располагается рядом с регистрационной комнатой и имеет вытяжную вентиляцию. Оно предназначено для размещения аккумуляторных батарей (всего 22 батареи — 11 рабочих и 11 резервных), питающих осциллографы постоянным током.

Аккумуляторные батареи, зарядные агрегаты, щит коммутации и другое оборудование размещаются на стеллажах, надежно прикрепленных к полу и стенам. Щит коммутации с зарядными агрегатами позволяет производить операции полного заряда рабочих и резервных аккумуляторов, а также включение прямого питания осциллографов от аккумуляторов без подзаряда.

Провода питания к аккумуляторам подсоединяются медными луженными наконечниками и обязательно снабжаются номерными бирками с обозначением полярности напряжения.

2.20. Фотолаборатория площадью не менее 12 м² располагается рядом с регистрационным помещением и предназначается для

фотохимической обработки осциллограмм, зарядки и перезарядки фотолент и кинолент в кассеты осциллографа.

2.21. Помещения измерительных пунктов, регистрационной и аккумуляторной связаны между собой коммуникациями, состоящими из кабельных линий, соединяющих сейсмометры с осциллографами и осциллографы с аккумуляторами. Коммуникационный кабель должен проходить в специально предусмотренном канале, в шахте телефонных линий или в металлической трубе.

Кабельные линии внутри помещений укладываются в закрытые каналы. Стены каналов выполняются из бетона, а сверху закрываются объемными щитами. Из помещения кабельные линии выводятся по трубам и далее ведутся в трубах или под защитой металлических покрытий (уголковое железо, швеллер и т. п.), надежно закрепленных на стенах здания крепежными скобами или штырями.

Для проводки в пункт наблюдения на грунте кабель протягивается в асбестоцементные трубы либо укладывается в неглубокий канал, выполняемый из железобетонных лотков, закрывающихся сверху плитами. Число прокладываемых линий определяется числом приборов (две линии на прибор) с учетом перспективы развития станции. Коммуникации внутри здания выполняются из кабеля марки ШРПС сечением 0,75 мм². Для проводки вне здания рекомендуется использовать кабель марки КСРГ (КСРБ) сечением 0,75 мм².

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАНЦИЙ ИСС И КОНТРОЛЬ ЗА РАБОТОЙ СЕЙСМОАППАРАТУРЫ

2.22. Весь комплекс работ, проводимых на любой станции ИСС, разделяется на ежедневные, еженедельные и ежемесячные работы. Отдельным этапом является калибровка сейсмодатчиков, регистрирующих смещение, скорость, ускорение, которая производится не реже одного раза в год. В случае землетрясения интенсивностью более 4 баллов производится дополнительная калибровка всех приборов, а также профилактический осмотр всей аппаратуры.

2.23. В комплекс работ, выполняемых ежедневно, входят:

визуальный осмотр состояния сейсмоаппаратуры на всех измерительных пунктах;

проверка наличия автономного электропитания (проверка аккумуляторов);

проверка включения регистрирующей аппаратуры (осциллографов, пусковых устройств, хронометра).

Результаты работы заносятся в специальный журнал.

2.24. Работа, выполняемая еженедельно на станции ИСС, включает проверку:

положения равновесия маятников прибора;

надежности работы пускового устройства;

наличия и расположения световых точек гальванометров на экранах осциллографов;

работы единого отметчика времени;

наличия бумаги в кассетах осциллографов;

надежности контактов и работоспособности сейсмоприемников с помощью импульсов, подаваемых через шунтовые коробки;

исправности работы аккумуляторов, состояния контактов, количества и плотности электролита.

2.25. Ежемесячно на станциях ИСС необходимо производить:

а) проверку регистрирующей аппаратуры (осциллографов). Проверяется работоспособность гальванометров, состояние оптических стекол осциллографа, его механическая и электрическая системы (питание осциллографов, состояние контактов, работа единого отметчика времени);

б) проверку сейсмометров. Проверяется состояние пластин, выполняющих роль осей вращения, положение равновесия маятников и отсутствие помех к колебанию (затирание катушек приборов). Экспериментально определяется период собственных колебаний маятника. Проверяется надежность крепления сейсмоприемников к месту установки;

в) осмотр сейсмоскопов. Для многомаятниковых сейсмоскопов (типов АИС-3М, МСН-II, СБМ-3 и др.) проверяется период собственных колебаний маятников, производится заново смена стекол. На тех станциях, где установлены сейсмографы типа СМТР, производится замена закопченной бумаги. В подвеске маятников сейсмоскопов типов АИС, МСН, ИГИС необходимо периодически (через каждые 2—3 года) заменять резиновые вкладыши, которые со временем твердеют;

г) осмотр сейсмографов (типа ССРЗ). Проверяется работоспособность прибора, его чувствительность, состояние акселерометров и велосиметров, положение световых точек на экране;

д) зарядку аккумуляторов;

е) контрольную запись на всех осциллографах с последующим проявлением и просмотром.

2.26. Не менее одного раза в год необходимо производить калибровку приборов. После землетрясения интенсивностью свыше 4 баллов необходимо дополнительно калибровать приборы. Калибровку приборов необходимо проводить экспериментальным или расчетным способом. Калибровку экспериментальным способом производят на вибростенде при определенных амплитудах и частотах колебаний и при рабочей чувствительности регистрирующих каналов. Расчетная калибровка производится по формулам и номограммам с помощью постоянных коэффициентов приборов и гальванометров. Данные тарировки вносятся в паспорт станции, а также направляются в Центр ЦНИИСКа.

2.27. После каждого ощутимого землетрясения производится опрос людей, находившихся в здании, в котором организована станция ИСС. Опрос жителей производится научными сотрудниками и преследует цель накопления фактических описательных признаков землетрясения по ощущениям людей, поведению предметов, их сопоставлению с инструментальными характеристиками интенсивности сейсмического воздействия.

2.28. Необходимо систематически проводить наблюдения за деформациями зданий станций ИСС (осадкой фундаментов, состоянием наружных и внутренних конструкций — стен, колонн, перегородок, панелей, балок, ригелей), обследовать визуально и фиксировать (с зарисовкой) трещины. Целью картирования трещин являются изучение соответствия развития картины трещинообразования с расчетно-теоретическими представлениями, а также регистрация накопления микроповреждений для прогноза поведения конструкций при сильных землетрясениях.

2.29. После установки на здании сейсмоаппаратуры необходимо экспериментально определить динамические характеристики здания (собственные формы, периоды и декременты колебаний по ним).

Возбуждение колебаний производится с помощью оттяжки через калиброванные разрывные кольца или вибромашинами.

Амплитуды колебаний при натурных испытаниях после землетрясений должны соответствовать тем величинам, которые регистрировались во время землетрясения. Для сравнения желательно одновременно записывать микросейсмы.

Микроколебания зданий станций ИСС записываются высокочувствительными комплектами приборов ВЭГИК при максимальном увеличении каналов.

Динамические характеристики следует определять не реже одного раза в год и после каждого зарегистрированного землетрясения любой интенсивности.

Ежегодные результаты натурных испытаний вносятся в паспорт станции, а также направляются в Центр ЦНИИСК Госстроя СССР.

2.30. На станциях ИСС рекомендуется осуществлять регулярные наблюдения за деформациями наземных и подземных конструкций, а также за зданиями, прилегающими к территории станций ИСС. Целью таких наблюдений является регулярное получение данных о пространственных деформациях объектов ИСС во взаимосвязи с сейсмической обстановкой в данном регионе.

Подобные наблюдения рекомендуется проводить после каждого ощутимого землетрясения, а при отсутствии — не реже одного раза в год. Наблюдения включают в себя высокоточную плановую и высотную съемки габаритов здания для оценки пространственных деформаций здания в целом. В зданиях со сборными несущими конструкциями (крупнопанельных, каркасных) осуществляется высотная поэтажная съемка для оценки деформативности стыковых соединений.

2.31. Рекомендуется проводить наблюдения за осадкой фундаментов зданий на станциях ИСС. Нивелирные работы рекомендуется выполнять прецизионными приборами по методике I класса точности путем измерения превышений осадочных марок относительно исходных глубинных реперов и превышений между осадочными марками.

Основные нивелирные ходы рекомендуется прокладывать в виде замкнутых полигонов вокруг зданий. Во время нивелирования ведется полевой журнал для записи отсчетов по рейкам и вычисления превышений между марками. К журналу прикладывается схема ходов с нумерацией осадочных марок.

2.32. На зданиях станций ИСС, расположенных в неблагоприятных инженерно-геологических условиях (на слабых аллювиальных, водонасыщенных и тому подобных грунтах), рекомендуется устанавливать глубинные реперы для оценки остаточных деформаций массива грунта.

Глубинные реперы (1—2 на здание) закладываются в грунт на расстоянии не менее 30—50 м, но и не более 500 м от здания. Рекомендуемые конструкции реперов приведены на рис. 9 прил. 2. Глубинные реперы привязываются инструментально по высоте к точкам местной геодезической сети, если они находятся на расстоянии менее 7 км; в других случаях для реперов принимается условная отметка.

2.33. В качестве осадочной марки рекомендуется применять закладные металлические детали специальной конструкции из нержавеющих материалов. Осадочные марки закрепляются на внешней

стороне цоколя по углам и средним осям здания (поперечным и продольным).

2.34. Схему установки марок для прецизионных геодезических наблюдений на станциях ИСС следует принимать с целью сопоставления результатов наблюдений динамических и статических деформаций здания. При закладке реперов необходимо учитывать расчетную схему, конструктивное решение, этажность здания, грунтовые условия и возможные схемы пространственного деформирования системы «грунт—здание».

2.35. Исходя из состава работ, выполняемых на станции ИСС при ее эксплуатации, в табл. 8 приведены ориентировочная стоимость эксплуатации станций в год, а также необходимый штат обслуживания в зависимости от числа станций ИСС города или организации.

Таблица 8

Число станций ИСС	Количество			Стоимость эксплуатации станции, руб.
	старших инженеров-прибористов	инженеров-прибористов	техников-прибористов	
1	—	1	—	3000
2	—	1	1	5000
3	—	1	1	5500
4	1	1	1	9000
5	1	1	2	11000
6	1	1	2	12000
7	1	2	2	15000
8	1	2	3	16500
9	2	2	3	20000
10	2	3	3	23000
11	2	3	4	25000
12	2	3	4	25500
13	2	3	5	28000
14	2	4	5	30000
15	3	4	6	36000
20	4	5	8	50000

ОПЕРАТИВНАЯ И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ОТЧЕТНОСТЬ СТАНЦИЙ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ

2.36. На каждую вновь организованную станцию ИСС составляется паспорт, который содержит следующие сведения:

а) конструктивную характеристику здания с указанием местонахождения, год ввода его в эксплуатацию, этажность, назначение (жи-

лое, административное, промышленное), ориентацию его осей по отношению к частям света. Схемы фасада здания, плана, разреза и генплана (с указанием «станций-спутников») см. на рис. 1, 2, 3 прил. 1;

б) динамические характеристики здания: периоды и декременты основного тона собственных колебаний в направлении продольной и поперечной осей с указанием, когда эти характеристики определялись и каким способом (по записям микросейсм с помощью оттяжки или вибромашины);

в) грунтовые условия основания, уровень грунтовых вод, физико-механические свойства грунтов основания, геологический разрез;

г) расположение измерительных и регистрационного пунктов, а также измерительного пункта на грунте;

д) оснащение станции приборами (с указанием типов приборов, их ориентации относительно осей здания, кинематического параметра записи, идентификации положительных и отрицательных значений записи (необходимо указать, соответствуют ли положительные значения записи направлению на юг компоненты «север—юг»), амплитудночастотных характеристик сейсмометрического канала подключения), иллюстрацию блок-схемы станции;

е) краткие данные о «зданиях-спутниках», окружающих здание станции ИСС в радиусе 200—250 м:

конструктивные и динамические характеристики;

грунтовые условия основания.

Паспорт периодически дополняется, отражая различные изменения, касающиеся оснащения станции ИСС новыми приборами, повторной калибровки аппаратуры, изменения динамических характеристик здания и т. д.

2.37. На каждой станции ИСС ведется журнал-дневник, в котором фиксируются: контрольные проверки работы каждого прибора, а также все исправления и устранения обнаруженных дефектов, показания счетчиков, регистрирующих общее число включений приборов в работу. В журнале фиксируются ежедневные наблюдения и контроль за работой сейсмической аппаратуры.

2.38. Сведения о зарегистрированных землетрясениях от трех баллов и выше подаются в Центр ЦНИИСКа по двум формам: первая — первичные донесения, вторая — записи землетрясений для публикации в периодически издаваемых сборниках.

Первичные донесения включают:

а) телеграфное сообщение, посылаемое в двухдневный срок, в котором сообщается, на каких из существующих станциях зарегистрировано землетрясение;

б) письменное сообщение, посылаемое в месячный срок, в котором указываются сведения о землетрясении (прил. 3), перечень полученных записей с указанием соответственно числа установленных приборов на здании и полученных записей. Указываются предполагаемая причина несрабатываемости приборов (прил. 4), а также состояние несущих конструкций объекта наблюдения, наибольшие амплитудные колебания и соответствующие периоды.

2.39. Полученные во время землетрясения записи в графическом виде посылаются в Центр ЦНИИСКа не позднее одного месяца после прошедшего землетрясения. Представляются оригинал записи или высококачественная ее копия. Прилагается паспорт, пример оформления которого приведен в прил. 5.

3. ОБРАБОТКА И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

3.1. Основной задачей обработки записей, осуществляемой в соответствии с настоящими Рекомендациями, является получение достоверной информации о характере сейсмических воздействий на сооружения и реакции сооружений на землетрясения

3.2. Первичная обработка и подготовка к дальнейшему использованию сейсмической информации осуществляется на станциях ИСС. Она включает в себя обработку регистраций сейсмоскопов и подготовку регистраций сейсмометров к цифровке с последующим использованием цифрованной записи для анализа на ЭВМ.

3.3. Обработка экспериментальных данных сейсмоскопов СБМ состоит в определении балльности землетрясения по наибольшей амплитуде X_0 смещения маятника прибора, мм, с помощью шкалы (табл. 9) .

Таблица 9

Интенсивность, балл	Смещение маятника, мм
5	0,5—1
6	1,1—2
7	2,1—4
8	4,1—8
9	8,1—16

$$X_0=\frac{X}{1,1}, \qquad (1)$$

где X — наибольшая амплитуда на записи, мм.

На рис. 10 прил. 6 дается запись сейсмоскопа СБМ.

3.4. Обработка показаний многомаятниковых сейсмоскопов (типа АИС, ИГИС, МСН-II) состоит в построении графиков приведенных ускорений, спектров и смещений системы с одной степенью свободы.

Спектральные значения ускорений S_W по данным этих приборов вычисляются по формуле

$$S_W=A\frac{g}{L}\left(\frac{T_0}{T}\right)^2, \qquad (2)$$

где A — максимальная амплитуда на записи, см;

g — ускорение силы тяжести, см/с^2;

L — длина маятника, см;

T, T_0 — периоды собственных колебаний маятника соответственно свободно подвешенного и упруго заделанного, с.

Спектральные величины скоростей S_v и смещений S_y определяются по формулам:

$$S_v=\frac{S_W}{\frac{2\pi}{T}}; \qquad S_y=\frac{S_W}{\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2}. \tag{3}$$

Результаты обработки показаний сейсмосконов оформляются в табл. 10 и представляются в виде графиков спектров ускорений (рис. 11 прил. 6). Таблица и графики, составленные для землетрясения интенсивностью 4 балла и более, вместе с оригиналом записи или с высококачественной ее копией высылаются в месячный срок в Центр ЦНИИСКа.

3.5. Подготовка записей сейсмометров и сейсмографов (типов С-5-С, ССРЗ, СМ-3, ВБП-3, ОСП-2) состоит в определении возможности использования записи для составления сведений о параметрах канала регистрации, нанесения нулевой линии, снятия при необходимости высококачественной копии, не искажающей момента записи.

Для всех трасс записи оценивается их качество с выявлением дефектов, ограничивающих или вообще исключающих возможность последующего использования.

Характерные особенности записей, обусловленные неисправностями сейсмометров, гальванометров, осциллографа, представлены схематически в табл. 11.

К каждой осциллограмме составляются сведения о параметрах канала регистрации, позволяющие определить амплитудно- и фазочастотные характеристики канала. Указывается также место в сооружении, где получена данная запись. Для каждой трассы записи проводится нулевая линия.

Истинная нулевая линия — Это прямая, которую записал бы на движущейся ленте световой блик гальванометра при отсутствии сигнала и помех на входе регистрирующего канала.

На осциллограммах нулевая линия отсутствует. Для надежного построения нулевой линии производится запись длиной 1—2 см при полном загрублении каналов сразу же после установки фотобумаги (фотопленки) перед регистрацией землетрясения, а также аналогичная запись после регистрации землетрясения. Для построения нулевой линии, отрезки записи до и после землетрясения соединяются прямой линией.

Оригиналы или их высококачественные копии, подготовленные по проведенной методике, высылаются в месячный срок в Центр ЦНИИСКа.

3.6. Цифровка, коррекция, централизованная публикация и хранение записей землетрясений осуществляются в Центре ЦНИИСКа. Центр публикует записи движения различных точек сооружений и грунта в виде:

а) графических некорректированных;

б) цифрованных некорректированных;

в) цифрованных корректированных;

г) графиков амплитудных спектров Фурье, построенных по корректированным записям;

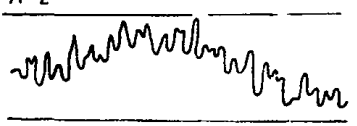
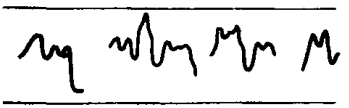
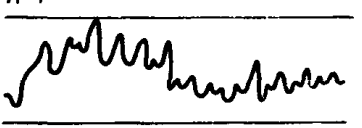
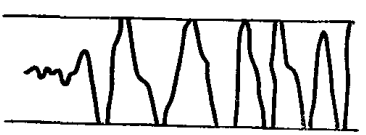
д) графиков спектров реакций сейсмических ускорений по корректированным записям (только для грунта).

Таблица 19

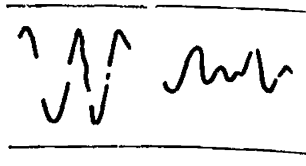
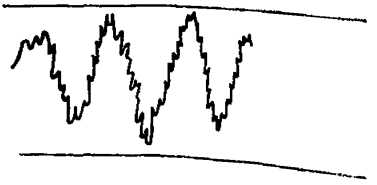
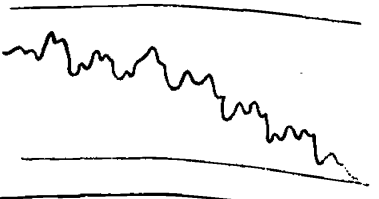
Период собственных колебаний маятников, с	Маятники														
	горизонтальные								вертикальные						
	$T_1=0,05$	$T_2=0,1$	$T_3=0,15$	$T_4=0,2$	$T_5=0,25$	$T_{СБМ}=0,25$	$T_6=0,3$	$T_7=0,4$	$T_8=0,6$	$T_9=0,8$	$T_{10}=1$	$T_В=0,05$	$T_В=0,1$	$T_В=0,16$	$T_В=0,2$
Логарифмический декремент колебаний маятников	0,35	0,2	0,18	0,16	0,5	0,5	0,24	0,24	0,24	0,14	0,18	0,4	0,2	0,21	0,15
Показания маятников, см	—	0,04	0,65	0,65	0,7	—	1,7	2,15	2,05	5,2	3,5	6300	1050	1080	570
Коэффициент маятников K	4567	1379	780	512	391	—	146	107	75	38	27	—	—	—	—
Приведенное ускорение, см/с^2	—	55	51	33	27,3	—	24,8	23	15,3	19,4	9,5	—	—	—	71
Скорость, см/с	—	0,88	1,22	1,05	1,1	—	1,26	1,46	1,46	2,48	1,51	—	—	—	2,28
Смещение, мм	—	0,14	0,3	0,34	0,43	0,68	0,57	0,94	1,41	3,20	2,42	—	—	—	0,72

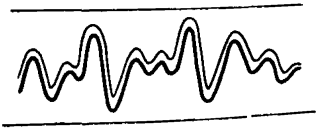
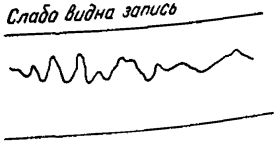
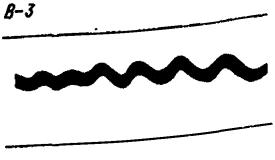
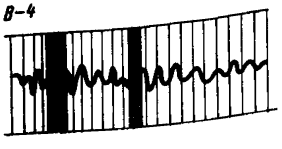
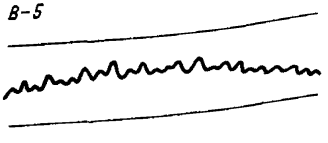
Краткое описание повреждений зданий. Отмечено большое количество трещин в стенах и перегородках, в местах примыкания панелей перекрытий к ригелям и балкам. В конструкциях каркаса повреждений не обнаружено.

Таблица 11

Схематическое изображение осциллограммы	Возможные причины неисправности сейсмоаппаратуры
А. Сейсмометры	
А-1 	Неустойчивое положение прибора и биения об ограничители
А-2 	Очень малое затухание собственных колебаний прибора
А-3 	Обрыв или плохой контакт в катушке
А-4 	Дрейф нуля прибора
А-5 	Неверно подобранная чувствительность канала

Продолжение табл. 11

Схематическое изображение осциллограммы	Возможные причины неисправности сейсмоаппаратуры
Б. Гальванометры	
Б-1 	Некачественное зеркальце
Б-2 	Плохой контакт головки
Б-3 	Неисправность в системе подвески — высокочастотная помеха
Б-4 	Дрейф нулевого положения светового блика
Б-5 	Плохая балансировка подвесной системы

Схематическое изображение осциллограммы	Возможные причины неисправности сейсмоаппаратуры
В. Осциллографы	
В-1 	Некачественная фокусировка гальванометра
В-2 *Слабо видна запись* 	Недостаточность напряжения питания осциллографа
В-3 	Слишком большой накал лампы осветителя
В-4 	Неравномерная протяжка ленты в кассете
В-5 	Перекос фотобумаги в кассете

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Определение спектров реакций (спектров действия)

3.7. Сейсмические нагрузки можно определять с помощью спектров реакций (спектров действия), построенных по реальным записям землетрясений.

Движение одномассовой системы при ускорении основания $\ddot{y}_{осн}$ записывается так:

$$\ddot{y}+2\varepsilon\dot{y}+\omega^2 y=-\ddot{y}_{осн}, \qquad (4)$$

где $\ddot{y}$, $\dot{y}$, y — соответственно ускорение, скорость, смещение массы системы;

ε — коэффициент затухания;

$\omega=\dfrac{2\pi}{T}$ — круговая частота.

При нулевых начальных условиях решение уравнения (4) может быть выражено

$$y(t)=-\frac{1}{\omega}\int_0^t \ddot{y}_{осн} e^{-\varepsilon(t-\tau)} \sin\frac{2\pi}{T}(t-\tau)\,d\tau, \qquad (5)$$

где T — собственный период колебания сооружения.

Из уравнений (4) и (5) определяется сейсмическая сила S_t

$$S(t)=-\frac{2\pi}{T} m \int_0^t \ddot{y}_{осн} e^{-\varepsilon(t-\tau)} \sin\frac{2\pi}{T}(t-\tau)\,d\tau .$$

Считая ε и T параметрами системы, введем обозначение

$$S(t,\varepsilon,T)=-\frac{Q}{g} W(t,\varepsilon,T),$$

где $$W(t,\varepsilon,T)=\frac{2\pi}{T}\int_0^t \ddot{y}_{осн} e^{-\varepsilon(t-\tau)} \sin\frac{2\pi}{T}(t-\tau)\,d\tau .$$

В данном методе расчета необходимо определить максимальное по времени значение сейсмической силы S^{max}, поэтому формулу для $S(t, \varepsilon, T)$ перепишем в виде

$$S^{max}(\varepsilon,T)=\frac{Q}{g} C_W(\varepsilon,T); \qquad (6)$$

здесь

$$C_W(\varepsilon,T)=\max|W(t,\varepsilon,T)|,$$

где $C_W(\varepsilon, T)$—максамльное ускорение массы системы при воздействии $\ddot{y}_{осн}$ и затухании ε для данного значения T.

Функция $C_W(\varepsilon, T)$ называется спектром ускорения сейсмического воздействия. На рис. 12 прил. 6 дан пример такой функции.

Спектр скорости $C_v(T)$ вычисляется по формуле

$$C_v(\varepsilon,T)=\max\left|\int_0^t \ddot{y}_{\text{осн}}\, e^{-\varepsilon(t-\tau)}\sin\frac{2\pi}{T}(t-\tau)\,d\tau\right|. \qquad (7)$$

Спектр смещения вычисляется по формуле

$$C_y(\varepsilon,T)=\max\left|\frac{T}{2\pi}\int_0^t \ddot{y}_{\text{осн}}\, e^{-\varepsilon(t-\tau)}\sin\frac{2\pi}{T}(t-\tau)\,d\tau\right|. \qquad (8)$$

С помощью любого из вышеперечисленных спектров может быть вычислена максимальная сейсмическая сила $S^{\max}(\varepsilon, T)$ для данной записи землетрясения при данных ε и T по формуле

$$S^{\max}(\varepsilon,T)=\frac{Q}{g}C_W(\varepsilon,T)=\frac{Q}{g}\frac{2\pi}{T}C_v(\varepsilon,T)=\frac{Q}{g}\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 C_y(\varepsilon,T), \qquad (9)$$

где Q — расчетная масса сооружения, т;

g — ускорение свободного падения, см/с^2.

Для построения расчетных спектров с различной обеспеченностью производится статистическая обработка спектральных кривых. Вычисленные спектральные кривые для определенного коэффициента затухания задаются числовым массивом и наносятся на график (условно показаны два спектра, в действительности их должно быть много, чтобы получить достоверные статистические результаты, рис. 13 прил. 6). Далее числовой массив и график разбиваются на интервалы $\Delta T=0{,}2$—$0{,}5$ с. В каждом интервале определяется среднее значение $\overline{C}_W$ и дисперсия σ_c^2 по формулам:

$$\overline{C}_W=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}C_{W_i};\quad \sigma_c^2=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(C_{W_i}-\overline{C}_W)^2, \qquad (10)$$

где N — число точек в каждом интервале.

Точки $\overline{C}_W$ изображаются в середине каждого интервала и соединяются плавной кривой. Получается график для среднего значения $\overline{C}_W$. Если отклонение параметра C_W от среднего значения в каждом интервале подчиняется нормальному закону

$$f(C_W)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_c^2}}\exp\left[-\frac{(C_W-\overline{C}_W)^2}{2\sigma_c^2}\right], \qquad (11)$$

то в каждом интервале можно вычислить отклонения различной обеспеченности по формуле

$$C_W^p=\overline{C}_W+K\sigma_c,$$

где K — определяется по табл. 12 в зависимости от выбранной обеспеченности p.

По спектру C_W^p ускорения определенной обеспеченности можно вычислить сейсмическую нагрузку той же обеспеченности по формуле (9) вместо $C_W(\varepsilon, T)$, взяв C_W^p.

Таблица 12

Обеспеченность p	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,999	0,9999	0,99999
Коэффициент K	1,6456	1,7516	1,8813	2,0546	2,2366	3,0906	3,7206	4,256

Определение статистических характеристик сейсмических воздействий как случайных функций

3.8. Статистическая обработка записей землетрясений, как правило, требует большого объема вычислительных работ и поэтому проводится на ЭВМ, для которых составляются специальные стандартные программы вычисления тех или иных параметров сейсмических воздействий.

Для статистической обработки запись землетрясения представляется графически и в оцифрованном виде. Предполагается, что каждая запись землетрясения представляет собой реализацию нестационарного случайного процесса. В отдельных же случаях запись землетрясения можно рассматривать как реализацию стационарного случайного процесса.

Прежде чем проводить статистическую обработку записей путем усреднения по множеству реализаций, для получения однородных в статистическом отношении групп записей производят их классификацию. Число классов выбирается в зависимости от числа имеющихся записей с таким расчетом, чтобы к одному классу принадлежало не менее 10—15 записей. Если имеется менее 10—15 записей, статистические характеристики колебания определяются усреднением не по множеству реализаций, а путем усреднения по времени, выполняемого для каждой записи.

В качестве параметров, по которым следует производить разделение записей на классы, рекомендуются статистические характеристики, получаемые для каждой записи при обработке их как реализаций нестационарных эргодических процессов или некоторых детерминированных функций от указанных статистических характеристик. Наиболее информативными из указанных параметров являются:

$\sigma = \sqrt{m^2}$ — средний стандарт отклонения записи;

$r_4 = \dfrac{m_4}{\sigma_4}$ — четвертый нормированный момент,

где

$$m_j = \frac{1}{S}\int_0^S m_j(t)\,dt, \qquad (12)$$

j-й момент для усредненной по времени функции распределения

$$W(x) = \frac{1}{S}\int_0^S W_1(x,t)\,dt, \qquad (13)$$

где S — продолжительность по времени, с, обрабатываемого участка записи;

$W_1(x, t)$ — одномерная функция распределения для нестационарного случайного процесса.

Величина σ характеризует средний уровень колебаний записи, а r_4 — степень ее нестационарности. Чем нестационарнее запись, тем больше величина r_4. Например, для стационарных участков записи $r_4=3$, при изменении дисперсии по треугольному закону $r_4=5{,}4$, для трапециевидного закона r_4 заключено между 3 и 5,4.

Целесообразно производить разделение записей на классы в зависимости от значений двух параметров $t_э$ и $\sigma_з$. При этом

$$\sigma_з=\frac{-0{,}582+7{,}29\lg r_4}{2{,}9}\sigma; \tag{14}$$

$$t_э=\frac{\sigma S}{\sigma_з}. \tag{15}$$

Параметр $\sigma_з$ хорошо коррелируется с современными сейсмическими шкалами (табл. 13, 14). Параметр $t_э$ — эффективная продолжительность землетрясения.

Таблица 13

Интенсивность, балл	7	8	9
Коэффициент K_c	0,025	0,05	0,1

Таблица 14

Интенсивность землетрясения, балл, по шкале $MSK=64$	5	6	7	8	9	10
$\sigma_з$, см/с^2	4,3—8,6	8,6—17,2	17,2—34,5	34,5—69	69—138	138—276

Для построения функции распределения $W_T(x)$ и ее статистических характеристик ординаты записи делятся (рис. 14 прил. 6) на 13—15 одинаковых участков величиной Δ, и подсчитывается относительное время пребывания в пределах каждого участка по отношению ко всей длительности S обрабатываемой части записи

$$W_T(y_k)=\frac{\Sigma\Delta t_i}{S}. \tag{16}$$

При этом j-й момент функции распределения определяется по формуле

$$m_j=\frac{1}{S}\int_0^S m_j(t)\,dt=\sum_k y_k^j\,W_T(y_k). \tag{17}$$

Во избежание дополнительных разбросов, связанных с выбором длины и местонахождением обрабатываемого участка записи, следует отбрасывать «хвосты» записи, сохраняя ту часть, в которой содержится бо́льшая часть энергии записи (например, 90%). При обработке это удобно сделать, осуществляя контроль за величиной интеграла от дисперсии записи.

Для детального описания характера изменения вероятностных характеристик во времени в пределах каждого класса записей производится их статистическая обработка путем усреднения по множеству реализаций. Находятся законы изменения во времени функций распределения, их статистических моментов, корреляционных функций, спектральных плотностей и т. п. При этом выбор аппроксимирующих функций времени следует осуществлять с учетом параметров классификации, которые накладывают ограничения на вид допустимых функций. Например, если класс характеризуется значениями $5{,}2 \leqslant r_4 \leqslant 5{,}6$, то аппроксимирующие функции для стандарта следует брать в виде треугольника или близкие к ним функции. Если $8 \leqslant r_4 \leqslant 9$, то в качестве аппроксимирующих функций стандарта случайного процесса можно взять криволинейный треугольник, образованный параболами, и т. д.

Если имеется несколько записей, принадлежащих одному классу, то, совместив начало отсчета времени (см. рис. 14 прил. 6) этих записей, разбиваем все записи вертикальными линиями на интервалы времени $\Delta t \leqslant 2c$ так, чтобы внутри каждого интервала процесс мог рассматриваться как стационарный. Чем большее число записей одновременно обрабатывается, тем меньший интервал времени Δt для повышения точности может быть принят, но он не должен быть менее 0,5 с.

В каждом интервале Δt для всех реализаций определяется среднеквадратичное отклонение σ_y или дисперсия D_{yp} по формуле

$$D_{yp} = \sigma_{yp}^2 = \frac{p}{mn} \sum_{k=0}^{\frac{mn}{p}} y_k^2 , \qquad (18)$$

где p — число интервалов, на которые разбита каждая запись;
m — число ординат в массиве каждой записи;
n — число обрабатываемых записей;
y^2_k — частота параметра.

По полученным для каждого интервала дисперсиям строится гистограмма дисперсий (рис. 15 прил. 6).

Полученная гистограмма характеризует изменение интенсивности сейсмического воздействия по времени. В научно-исследовательских целях она может быть аппроксимирована различными аналитическими выражениями.

Для определения плотности распределения y^2_k на каждом участке Δt строятся гистограммы частоты параметра y_k. Для этого ординаты каждой записи делятся горизонтальными линиями на одинаковые интервалы Δy_k, число которых может меняться от 3 до 6. На рис. 14 показан случай деления на три интервала. Определяется

число ординат α записей землетрясений, попадающих в каждый интервал Δy_k и определяется частота попадания $W(y_k)$ по формуле

$$W(y_k)=\frac{\alpha pC}{mn}, \tag{19}$$

где C — число интервалов Δy_k.

Для каждого интервала Δt можно также построить гистограмму частот (рис. 16 прил 6). Имея гистограммы для отдельных Δt, можно построить пространственную гистограмму (рис. 17 прил. 6), которая характеризует изменение амплитуд сейсмического воздействия во времени всего землетрясения. Полученная гистограмма может быть аппроксимирована подходящим математическим выражением. Если в каждом интервале Δt распределение y_k нормально, то плотность распределения имеет вид

$$W(y_k, t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi D(t)}}\exp\left[-\frac{y_k^2}{2D(t)}\right], \tag{20}$$

где $D(t)$ — функции, выбираемые в соответствии с приведенными рекомендациями.

При рассмотрении записей землетрясений как реализации стационарного процесса кроме дисперсии и плотности вероятности, теперь уже не зависящих от времени, находятся автокорреляционные функции и спектральная плотность. Автокорреляционная функция K_y определяется по формуле

$$K_y(\delta l)=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} y_k(\delta j)\, y_k(\delta j+t), \tag{21}$$

где δ — шаг цифровки.

По аналитической аппроксимации корреляционной функции может быть найдена спектральная плотность Q (ω) по формуле

$$Q(\omega)=4\int_0^{\infty} K(\tau)\cos 2\pi\omega\tau\, d\tau. \tag{22}$$

Спектральная плотность случайного процесса описывает общую частотную структуру случайного процесса.

Специальная обработка записей землетрясений

3.9. Приведенные методики использования записей землетрясений, как правило, относятся к записям, полученным в одной точке земной поверхности, но в практике расчета конструкций на сейсмическое воздействие, когда необходимо учесть фактор протяженности или пространственности, приходится иметь дело с обработкой нескольких записей землетрясений, полученных в различных точках грунта и сооружения. В качестве примера рассмотрим следующую задачу.

Пример. Расчетная схема здания представляет собой (рис. 18 прил. 6) перекрестную систему с дискретно расположенными масса-

ми. На каждую расчетную массу фундамента действует представленная в оцифрованном виде запись землетрясения. Необходимо найти закон движения каждой массы системы или наихудшее положение масс, при которых в конструкции возникают наибольшие напряжения.

Движения выбранной расчетной схемы при учете упругой работы материала конструкции могут быть представлены в виде следующей системы дифференциальных уравнений:

$$\ddot{y}_i = f_i(t) \qquad i=1,2,3,\ldots,k;$$

$$\sum_{j=k+1}^{n} m_j \alpha_{ij} \ddot{y}_j + \varepsilon \dot{y}_i + y_i = -\sum_{j=1}^{k} m_j \alpha_{ij} f_i(t); \qquad (23)$$

$$i=k+1,\ldots,n,$$

где f_i — запись ускорения сейсмического воздействия;
k — число масс фундаментов;
m_j — расчетные массы;
α_{ij} — единичные смещения;
y — искомое смещение масс системы;
n — общее число расчетных масс.

Из решения на ЭВМ системы дифференциальных уравнений (23) определяются искомые неизвестные.

В данной же постановке может быть решена обратная задача, когда с помощью инженерно-сейсмометрической службы получают записи движения произвольных точек, а по ним вычисляются движения масс фундаментов и сравниваются с полученными записями. Такое сравнение позволяет уточнить параметры расчетной схемы сооружений.

В теории сейсмостойкости сооружений рассматриваются также задачи, когда при предельных сейсмических нагрузках материал конструкции рассматривается за пределом упругости. В этих случаях решаются нелинейные задачи с воздействиями, заданными реальными записями землетрясений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПАСПОРТА СТАНЦИИ ИСС

_____
(наименование организации)

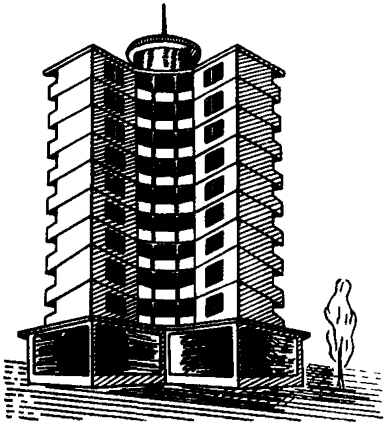
УТВЕРЖДАЮ

Директор _____
(наименование организации)

_____
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 19__ г.

Отдел инженерного анализа сейсмического воздействия



ПАСПОРТ

инженерно-сейсмометрической станции №_____ инженерно-сейсмометрической службы на зданиях

Зам. директора _____
(подпись)

Зав. отделом _____
(подпись)

Руководитель группы сейсмометрической службы _____
(подпись)

_____ 19__ г.
(наименование города)

1. КОНСТРУКТИВНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЯ СТАНЦИИ ИСС

На рис. 1 представлены разрез и план 10-этажного здания станции ИСС, на рис. 2 — генеральный план.

Конструктивную основу здания составляет рамно-связевый каркас с двумя симметрично расположенными железобетонными цилиндрическими шахтами. Расстояние между шахтами 28,9 м. Каркас состоит из 32 сборных пятиярусных железобетонных колонн и безбалочных плит перекрытий в плане в виде спаренного трилистника. Колонны первого яруса длиной 14,85 м, сечением 45×45 см из тяжелого железобетона марки М 400. Колонны верхних ярусов сечением 40×40 см из тяжелого железобетона марки М 300.

Плиты перекрытий сопряжены с колоннами стальными воротниками. Плиты перекрытий изготовлены из бетона марки М 200 объемной массой 1,8 т/м^3, толщиной 18 см. Пролеты плит перекрытий 5; 6; 6,4 м, длина консоли плит по периметру 1,6 и 1,9 м. С целью жесткого соединения плит перекрытий с колоннами предусмотрены закладные части, состоящие из решеток и обойм, изготовленных из полосовой стали. Под закладными частями в колоннах оставлены сквозные отверстия для штырей, на которые опираются плиты перекрытий.

Пространственная устойчивость здания обеспечивается совместной работой двух железобетонных шахт лестничных клеток с каркасом, соединение которых осуществлялось шарнирно через консольные вылеты безбалочных перекрытий всех этажей.

Ствол железобетонной шахты представляет собой тонкостенный цилиндр кольцевого сечения с наружным диаметром 7 м и постоянной толщиной стенок 26 см из бетона марки М 300. В стенах шахты предусмотрены оконные и дверные проемы, оси которых в плане расположены под углом 120° по отношению друг к другу. Простенки шахт по всей высоте имеют утолщения размером до 50 см.

Стены из железобетона марки М 75, перегородки в двух вариантах — из прокатных гипсобетонных панелей и из железобетонных плит толщиной 8 см. Кровля плоская. Фундаменты здания ленточные из монолитного железобетона.

Период собственных колебаний здания в продольном и поперечном направлениях составляет 0,58 и 0,67 с. Логарифмический декремент колебаний соответственно 0,085 и 0,073.

2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСНОВАНИЯ

Основанием здания служат насыпной грунт толщиной 0,5 м, глины, известняк-ракушечник, легкие суглинистые грунты (местами тяжелые) мощностью по данным скважин 4,2—6,5 м. Суглинки подстилаются глинами илистыми, тугопластичной консистенции, среднеплотного сложения во влажном состоянии (рис. 3).

Грунтовые воды при изыскании были вскрыты на глубине 7,4 м и приурочены к илистым глинам. Физико-механические свойства верхних слоев (глины, известняка) приведены в табл. 15.

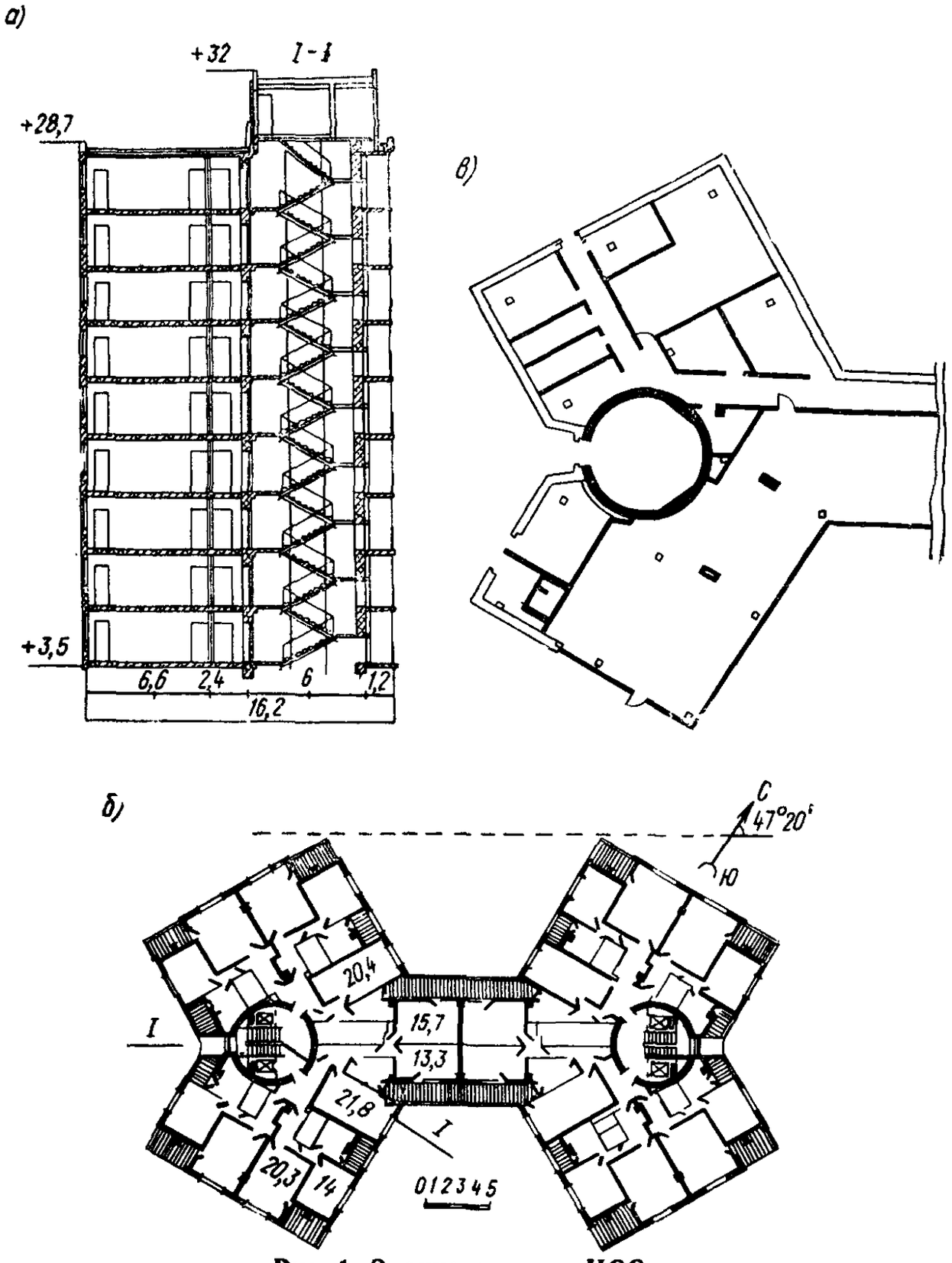


Рис. 1. Здание станции ИСС

а — разрез; *б* — план типового этажа; *в* — план первого этажа

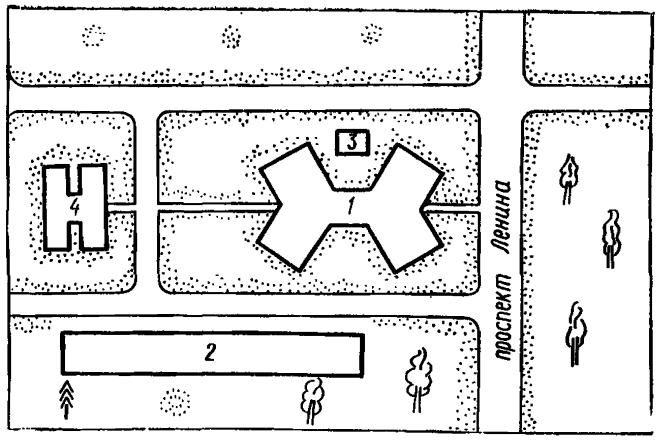


Рис. 2. Генеральный план участка расположения станции ИСС

1 — здание станции ИСС; *2*, *4* — жилые дома; *3* — измерительный пункт на грунте

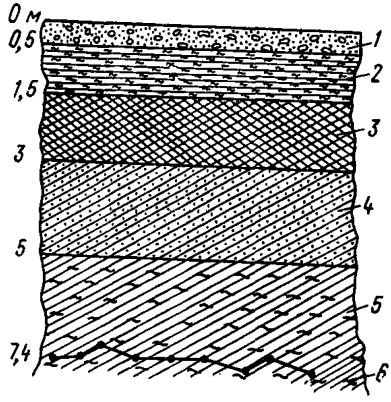


Рис. 3. Геологический разрез участка станции ИСС

1 — насыпной грунт; *2* — глины; *3* — известняк, ракушечник; *4* — суглинки; *5* — илистые глины; *6* — грунтовые воды

3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ СТАНЦИИ ИСС СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРОЙ

Станция ИСС состоит из шести измерительных пунктов и регистрационной:

а) измерительный пункт — на фундаменте здания;

б) измерительный пункт — на первом, шестом, девятом, одиннадцатом этажах;

в) измерительный пункт — на покрытии здания;

г) регистрационная — на первом этаже объекта наблюдения.

Сейсмоприборы на шестом, девятом, одиннадцатом этажах установлены в проемах наружной стены лестничной клетки на специально подготовленных площадках, закрытых снаружи кожухами. С целью устранения возможности искажения фиксируемых колебаний в результате накладывания собственных или вынужденных колебаний кровли сейсмоприемники установлены на капитальной стене.

Таблица 15

Основные показатели	Единица измерения	Величина
1. Гранулометрический состав:		
песчаная фракция	%	0,08
пыль	%	40
глинистая фракция	%	59,2
2. Плотность	т/м³	2,7
3. Объемная масса:		
естественное состояние	»	1,58
скелета	»	1,94
4. Естественная влажность	%	20,8
5. Пластичность:		
предел текучести	МПа	2,71
» раскатываемости	»	1,3
число пластичности	—	9,1
6. Консистенция	—	0,25
7. Пористость	%	41
8. Коэффициент пористости	—	0,7
9. Полная влагоемкость	%	26
10. Характеристика сжатия:		
модуль деформации	МПа	6,4
» осадки	»	3,2
11. Характеристика сдвига:		
усадочность	—	0,032
угол внутреннего трения	град	18
сцепление	—	0,5

Для этого используются оконные проемы на выходных будках к кровле от лестничной клетки.

Измерительный пункт на фундаменте объекта наблюдения предназначен для изучения колебания основания здания на отметке подошвы его фундамента.

На первом этаже построен постамент, который заглублен до коренных пород. На нем установлен сейсмоскоп типа ИГИС для регистрации максимальных относительных перемещений при сильных землетрясениях, а также установлены сейсмоприемники типов С-5-С, ВЭГИК, ВБП-3, ОСП-2М для измерения колебаний по трем составляющим.

Регистрационная и аккумуляторная сейсмометрической станции расположены на первом этаже объекта наблюдения. Перечень приборов и оборудования, установленных в регистрационной, указан в табл. 16. Измерительная аппаратура, установленная на здании станции ИСС, приведена в табл. 17.

Таблица 16

Наименование аппаратуры	Тип или марка	Номер
Пусковой сейсмометр	ВЭГИК	1437
Пусковое устройство	ПУ-1	23
Выпрямитель	ВС-А-1116	0156
Аккумуляторная батарея (4 шт.)	6СТ-128 (ЖН, НКН)	—
Блок (щит) шунтов (3 шт.)	ШК-2	98, 168, 63

Таблица 17

Измерительный канал сейсмометр+гальванометр	№ сейсмометра	№ гальванометра	Год выпуска	Параметр записи
Измерительный пункт на фундаменте				
С-5-С+ГБ-IV-В-3	270	4152	1966	Скорость
То же	276	4154	1970	»
»	141	4150	1970	»
ВЭГИК+ГБ-III	1418	1375	1966	Смещение
ВЭГИК+ГБ-III	1382	2269	1966	»
ВЭГИК+ГБ-III	1440	2262	1966	»
Измерительный пункт на первом и шестом этажах				
С-5-С+ГБ-IV-В-3	141	4150	1966	Скорость
То же	277	4148	1970	»
»	272	4149	1970	»
Измерительный пункт на девятом этаже				
С-5-С+ГБ-IV-В-3	273	4151	1968	»
То же	275	4153	1968	»
»	279	4156	1968	»
Измерительный пункт на кровле				
ВЭГИК+ГБ-III	501	2108	1966	Смещение
То же	1417	2107	1966	»
»	1436	2106	1966	»
С-5-С+ГБ-IV-В-3	143	4155	1968	Скорость
То же	278	4153	1968	»
»	285	4152	1968	»

ПРИМЕРЫ ОБОРУДОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПРИБОРОВ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА СТАНЦИЯХ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ НА ЗДАНИЯХ

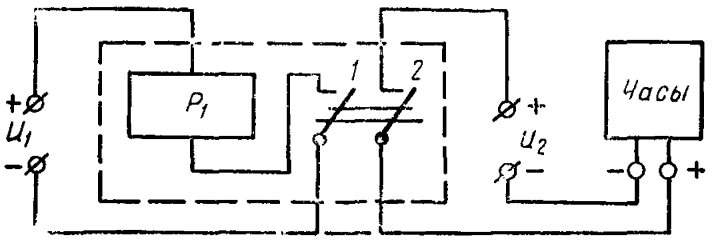


Рис. 4. Электрическая схема питания контрольных часов

P_1 — реле с механической блокировкой РЭН-19 $U_1 = 27$ В включается параллельно осциллографам; $U_2 = 1{,}2$ В, питание электромеханических часов; *1,2* — положение тумблеров

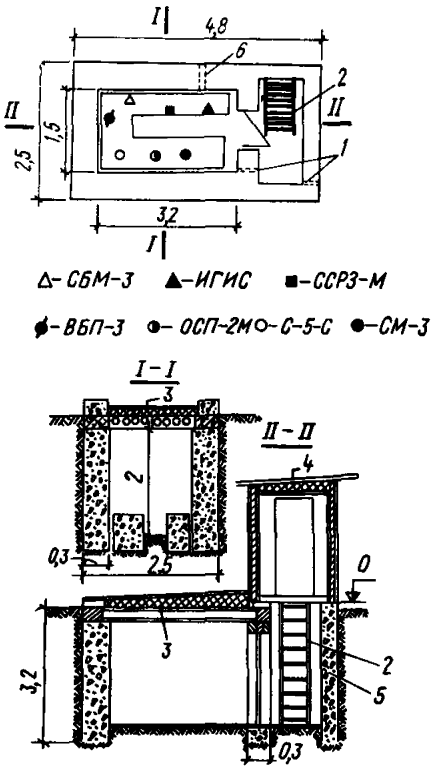


Рис. 5. Схема измерительного пункта на грунте (план и разрез)

1 — цементные трубы для коммуникационного кабеля; *2* — стремянка; *3* — плита перекрытия, утеплитель, рубероидный ковер; *4* — кровельное железо, теплитель, штукатурка; *5*—бутобетон; *6* — вентиляционная труба

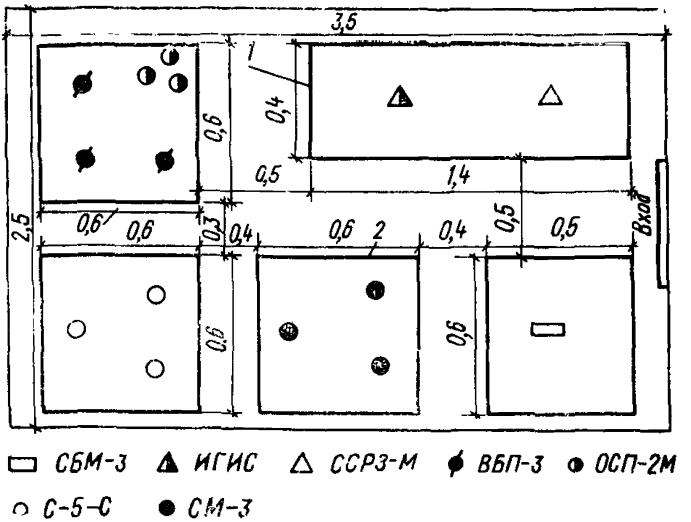


Рис. 6. Схема расположения сейсмоприборов в измерительном пункте (план)

1 — постаменты для установки сейсмоаппаратуры; *2* — тумбы для установки приборов

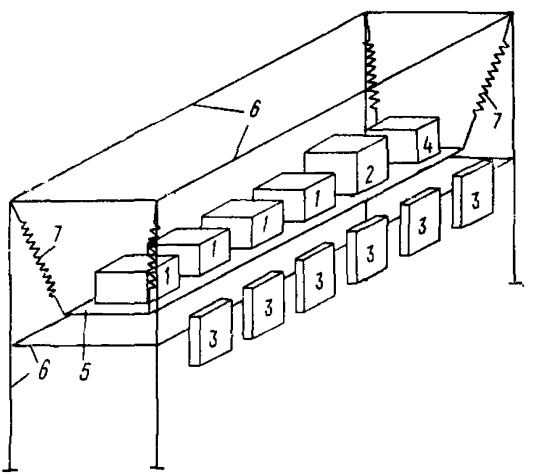


Рис. 7. Схема рамы для гибкой подвески регистрирующей аппаратуры

1 — осциллографы Н-700; *2* — осциллограф ИСО-IIМ; *3* — шунтовые коробки ШК-2; *4* — пусковое устройство; *5* — подвесная площадка; *6* — металлические уголки размером 60×60 мм; *7* — пружины

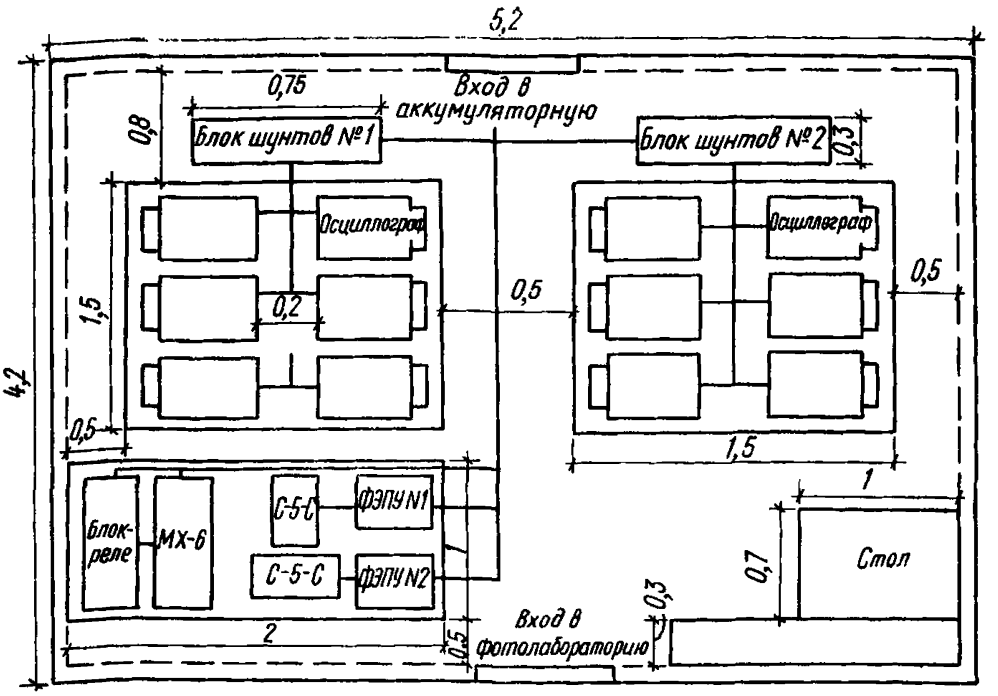


Рис. 8. План расположения аппаратуры в регистрационной комнате

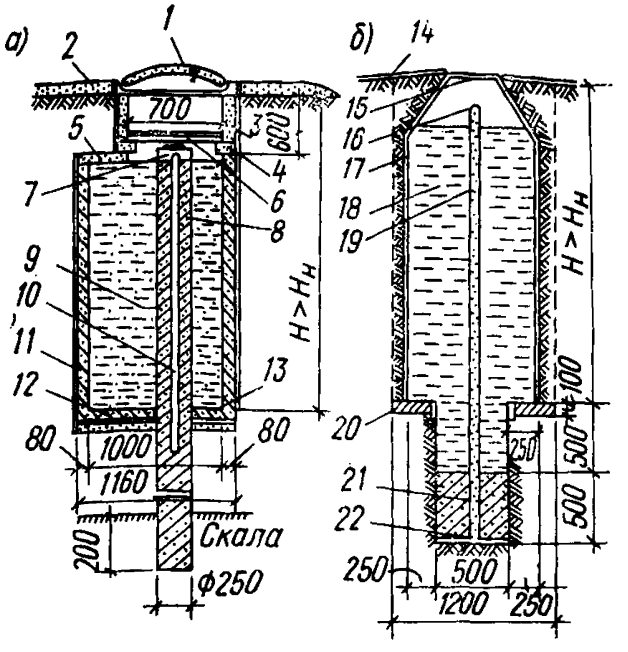


Рис. 9. Рекомендуемые конструкции реперов

а — при близком залегании скального грунта; *б* — при отсутствии близкого залегания скального грунта; *1* — железобетонный люк с крышкой; *2* — отмостка; *3* — горловина; *4* — опорное кольцо; *5*—перекрытие П-10; *6* — деревянная крышка; *7* — металлическая крышка; *8* — бетонная свая; *9* — термоизоляция; *10* — репер (труба ∅ 40 мм); *11* — стены из железобетонных элементов; *12* — днище; *13* — пакля; *14*— отмостка; *15* — чугунный люк; *16* — реперная головка; *17* — сборный железобетонный колодец; *18*—термоизоляция; *19*—репер (труба ∅ 100—170 мм); *20* — бетонная подготовка; *21* — железобетонная заделка реперной трубы; *22* — анкерный лист размером 400×400×6 мм; *H* — глубина заложения днища колодца; $H_н$ — нормативная глубина сезонного промерзания грунтов ($H_н \geqslant 0{,}5$)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННОМ СТАНЦИЯМИ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ

г. _____

1. Время возникновения в очаге по Гринвичу

_____ месяц, _____ число, _____ ч, _____ мин, _____ с

2. Координаты эпицентра:

а) широты, град _____;

б) долготы, град _____.

3. Глубина очага:

а) микросейсмическая _____ км;

б) инструментальная _____ км.

4. Инструментальная характеристика интенсивности в очаге:

а) магнитуда по поверхностным волнам _____;

б) логарифм энергии в очаге, Дж _____.

5. Сила сотрясения в пункте регистрации, балл _____.

6. Характеристика повреждений _____.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ДОНЕСЕНИЯ О РЕГИСТРАЦИИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКОЙ СЛУЖБОЙ РЕГИОНА

Таблица 18

Общее число станций ИСС	Станция ИСС, зарегистрировавшая землетрясение, и номер лент	Номер станции ИСС, не зарегистрировавшей землетрясение, и причина	Принятые меры к устранению обнаруженных недостатков
15	№ 1 (лента 17А) № 4 (лента 47А) № 5 (лента 57А) № 8 (лента 87А) № 12 (лента 127А) № 13 (лента 137А) № 14 (лента 147А) № 15 (лента 157А)	№ 2, 3 — не сработало пусковое устройство № 6, 7 — сейсмоизмерительная аппаратура была снята для повторной тарировки № 9, 10 — получены записи только некоторых сейсмометров № 11 — получены некачественные записи ввиду ухода светового луча за пределы фотобумаги	Установлены новые пусковые устройства Аппаратура после тарировки установлена Сейсмометрические каналы подключения сейсмометров загрублены Сейсмоаппаратура отлажена

Таблица 19

Измерительный пункт	Тип установленной аппаратуры	Наличие записи или причина ее отсутствия
Грунт	ВБП-3 (*x, y, z*)	Запись не получена из-за неверно подобранной чувствительности канала
	С-5-С (*x, y, z*)	Запись получена
	СМ-3 (*x, y, z*)	То же
	ОСП-2М (*x, y, z*)	Запись не получена из-за дрейфа нуля прибора
	СБМ-3	Запись получена
	ИГИС	Запись не получена из-за ослабления пружин поджатия игл маятника
	ССРЗ-М	Запись получена
Подвал	ВБП-3 (*x, y, z*)	Запись не получена из-за неверно подобранной чувствительности канала

Продолжение табл. 19

Измерительный пункт	Тип установленной аппаратуры	Наличие записи или причина ее отсутствия
	С-5-С (*x, y, z*)	Запись не получена из-за плохой балансировки подвесной системы
	СМ-3 (*x, y, z*)	Запись получена
	ОСП-2М	То же
Кровля	ВБП-3 (*x, y, z*)	Запись не получена из-за неверно подобранной чувствительности канала
Кровля	С-5-С (*x, y, z*)	Запись не получена из-за перекоса фотобумаги в кассете
	СМ-3 (*x, y, z*)	Запись получена
	ОСП-2М (*x, y, z*)	Обрыв контактов катушки
	ИГИС	Запись получена
	ССРЗ-М	Запись не получена, так как не сработал стартер из-за малого напряжения или большого загрубления

Примечание. *x, y, z* — направления регистрации колебаний здания в трех взаимноперпендикулярных осях [*x, y* — горизонтальные (продольные, поперечные), *z* — вертикальные колебания].

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

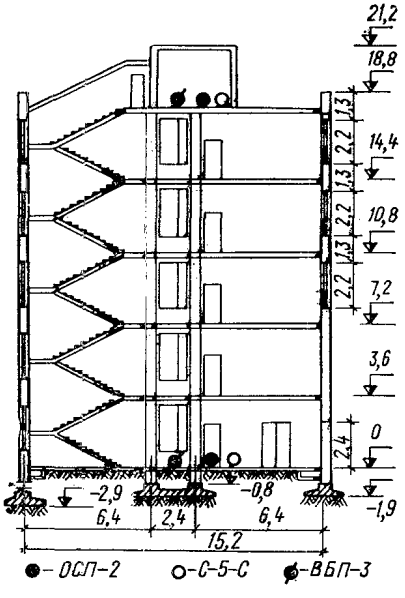
ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПАСПОРТА, ПРИЛАГАЕМОГО К ЗАПИСИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Наименование организации, осуществляющей наблюдения	Номер записи на осциллограмме	Сейсмометр с гальванометром и вид записи	Место установки сейсмометра и его ориентация	Загрубление канала β	Увеличение канала при включении сейсмоприемника[1]
Инженерно-сейсмометрическая служба г. _____	1	ОСП+ГБ-III — ускорение	x — подвал	2	0,01
	2	С-5-С+М001-I — скорость	y — подвал	20	2,25
	3	С-5-С+М002 — смещение	z — подвал	5	50
Станция ИИС № 1 расположена в 5-этажном каменном жилом здании с первым гибким этажом на суглинках.	4	ОСП+ГБ-IV — ускорение	x — чердак	1	0,02
	5	С-5-С+М001-I — скорость	y — чердак	50	1,02
	6	С-5-С+М002 — смещение	z — чердак	10	15

[1] Вместо коэффициентов увеличения могут быть представлены графики амплитудно-частотной характеристики сейсмометрического канала.

Динамические характеристики: $T_x = 0{,}3$ с; $T_y = 0{,}32$ с; $\lambda_x = 0{,}22$; $\lambda_y = 0{,}19$

Схема расположения сейсмоприемников



Характеристика зарегистрированного землетрясения

1. Дата и год — 16.01.1974 г.
2. Время возникновения в очаге по Гринвичу — 18 ч 55 мин.
3. Координаты эпицентра:
   северной широты 60°21′, восточной долготы 160°28′.
4. Глубина очага: микросейсмическая 30 км, инструментальная ___.
5. Инструментальная характеристика интенсивности в очаге:
   магнитуда по поверхностным волнам — 4,8;
   логарифм энергии в очаге — 12—13 Дж.
6. Сила сотрясения в эпицентре, балл _____.
7. Сила сотрясения в пункте регистрации, балл _____.
8. Характеристика повреждений _____.

ПРИМЕР ОБРАБОТКИ ЗАПИСЕЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

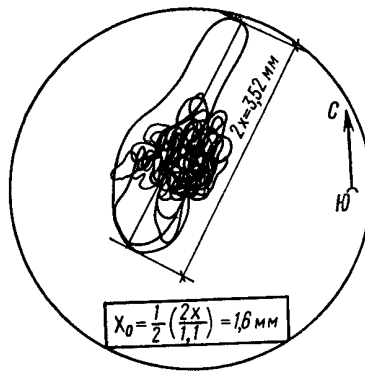


Рис. 10. Запись, произведенная сейсмоскопом, 6-балльного землетрясения станцией ИСС (г. Алма-Ата 5 июня 1970 г.)

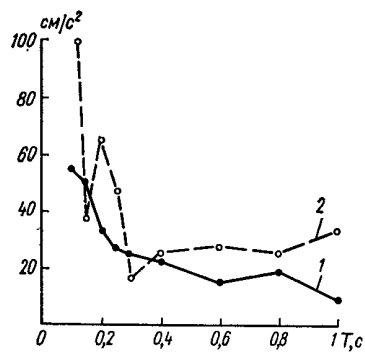


Рис. 11. Спектры ускорений, построенные по записям сейсмоскопов АИС

1 **— станция № 1; *2*—станция № 8**

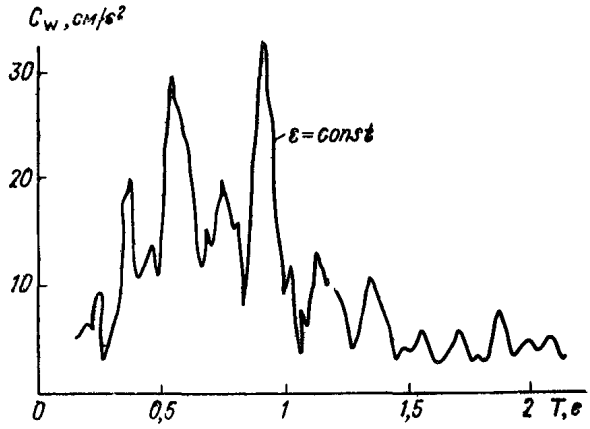


Рис. 12. Спектр ускорений сейсмического воздействия

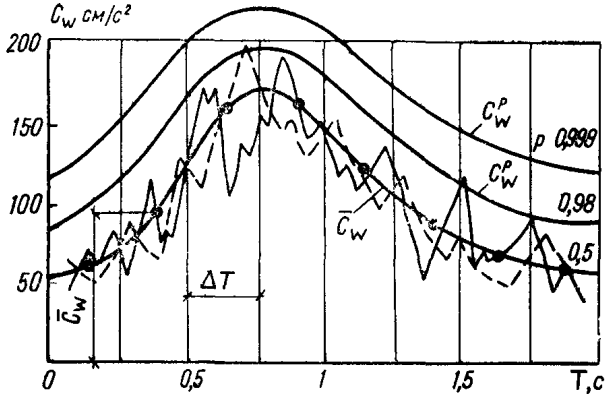


Рис. 13. Расчетные спектры ускорений с различной обеспеченностью

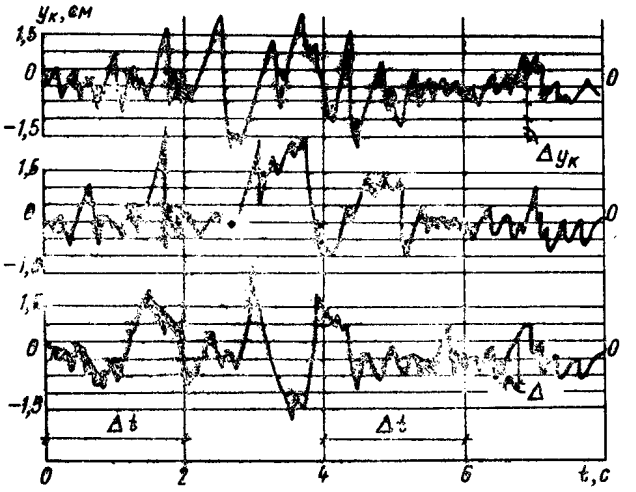


Рис. 14. Определение и изменения дисперсий сейсмического воздействия во времени

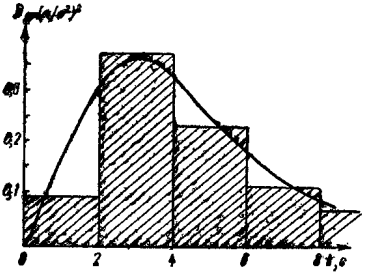


Рис. 15. Гистограмма дисперсии сейсмического воздействия и ее математическая аппроксимация

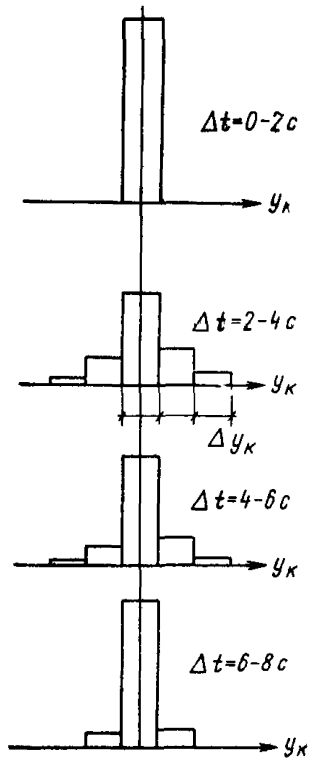


Рис. 16. Построение пространственной гистограммы частот для амплитуд сейсмического воздействия

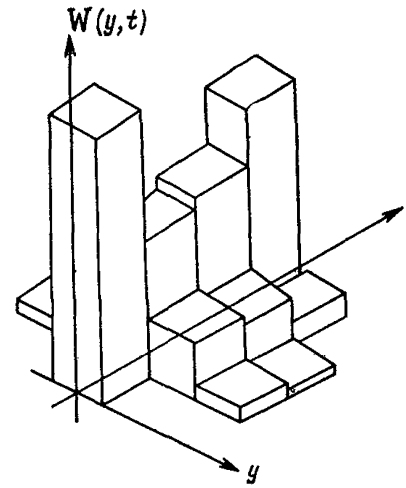


Рис. 17. Пространственная гистограмма частот для амплитуд сейсмического воздействия

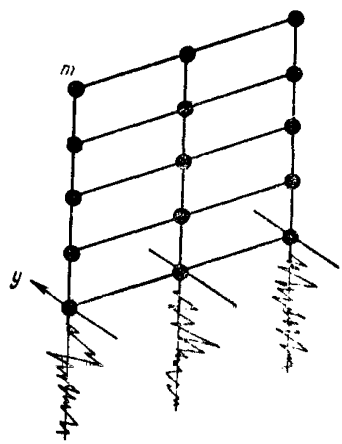


Рис. 18. Расчетная схема здания

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 1
1. Общие положения 2
2. Сбор инструментальной информации 3
Выбор объектов для организации станций ИСС . . . 3
Оснащение аппаратурой станций ИСС на зданиях 4
Инженерно-сейсмометрические станции 11
Эксплуатация станций ИСС и контроль за работой сейсмоаппаратуры 13
Оперативная и периодическая отчетность станций инженерно-сейсмометрической службы 16
3. Обработка и некоторые вопросы использования инженерно-сейсмометрической информации 18
Использование инженерно-сейсмометрической информации 24
Определение спектров реакций (спектров действия) . . 24
Определение статистических характеристик сейсмических воздействий как случайных функций 26
Специальная обработка записей землятрясений 29
Приложения 31

ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко Госстроя СССР

Руководство по сбору, обработке и использованию инженерно-сейсмометрической информации

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией Г. А. Жигачева
Редактор Л. Т. Калачева
Мл. редактор А. Н. Ненашева
Технический редактор М. В. Павлова
Корректор И. В. Медведь

Сдано в набор 20.03.80. Подписано в печать 22.09.80. Т-17245. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2. Гарнитура «Литературная» Печать высокая. Усл. печ. л. 2,52 Уч.-изд. л. 2,79. Тираж 6000 экз. Изд. № XII—8835 Заказ 370 Цена 15 коп.

Стройиздат
101442, Москва, Каляевская, 23а

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли Хохловский пер. 7.

gost.e-ecolog.ru